Ministère de l'Agriculture
des Pêcheries et de l'Alimentation

Direction de la recherche
scientifique et technique

Cahier d'information
N° 127

ÉVOLUTION TEMPORELLE DU RECRUTEMENT DE *MYTILUS EDULIS* À CARLETON ET EFFET DE LA PROLIFÉRATION DU NAISSAIN SUR LE RENDEMENT COMMERCIAL DES BOUDINS

Par

Pierre Bergeron

BIOREX
Division de ACSI-BIOREX
969, route de l'Église
Bureau 250
Sainte-Foy (Québec)
G1V 3V4

Gouvernement du Québec
Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries
et de l'Alimentation
**Sous-ministériat des pêches
et de l'aquiculture commerciales**

92-02478/

AVANT-PROPOS

Ce document constitue le compte rendu des activités de recherche sur l'élevage de la moule bleue menées par la Direction de la recherche scientifique et technique du M.A.P.A.Q. (D.R.S.T., Gaspé) à Carleton au cours de 1985, 1986 et 1987. Il regroupe l'essentiel des résultats obtenus sur le recrutement des larves, la prolifération du naissain sur les boudins et le grossissement des moules. La préparation de ce document a été confiée à M. Pierre Bergeron de Biorex (Division de ACSI-Biorex inc.) par suite d'un contrat de services professionnels entre cette firme et le M.A.P.A.Q. M. Bergeron a été le chargé de projets pour l'ensemble des activités de recherche en mytiliculture effectuées par la D.R.S.T. dans la région Gaspésie/baie des Chaleurs.

ISBN 2-551-12510-3
Dépôt légal - janvier 1991
Bibliothèque nationale du Québec

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
AVANT-PROPOS	i
TABLE DES MATIÈRES	ii
RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES FIGURES	v
INTRODUCTION	1
SITE D'ÉTUDE	2
MATÉRIEL ET MÉTHODES	
1. Recrutement sur substrats artificiels	4
Fréquence d'échantillonnage et profondeur d'immersion	4
Analyse des échantillons	4
2. Évaluation de l'indice de condition	6
3. Structure de taille des moules au cours du grossissement	6
RÉSULTATS	
1. Recrutement des moules sur les collecteurs	8
Captage en continu à la surface	8
Captage en continu en profondeur	9
Captage discontinu à la surface	9
Captage discontinu en profondeur	11
2. Variations saisonnières du rendement en chair	12
3. Prolifération du naissain sur les boudins de moules	13
DISCUSSION	
1. Recrutement des larves de moules	14
2. Périodes de ponte	16
3. Prolifération du naissain sur les boudins	18
4. Stratégie de captage et de grossissement	19
REMERCIEMENTS	22
RÉFÉRENCES	23

RÉSUMÉ

L'analyse des moules fixées sur des collecteurs immergés à 1 et 10 m de profondeur indique que la fixation des larves de moules (L < 400 µm) dans la baie Tracadigache débute à la fin de juin et se prolonge jusqu'à la mi-octobre. Le recrutement à la surface est caractérisé par deux principaux arrivages de larves, soit au début de juillet ($\bar{X}$ = 30 à 640 ind/cm^2) et à la fin d'août - début de septembre où les densités moyennes sont de 20 ind/cm^2. La densité moyenne de naissain à 10 m est généralement inférieure à 4 ind/cm^2.

La ponte identifiée par la chute brusque du rendement en chair des moules d'élevage survient à une ou trois reprises selon les années. La présence d'un recrutement prolongé ainsi que la faible proportion d'individus avec un indice de condition inférieur à 30 % suggèrent que la ponte s'effectue de façon asynchrone et que seulement une fraction du contenu des gonades est libéré au moment de la ponte (ponte partielle).

La prolifération du naissain sur les boudins de moules maintenus à la surface est importante et réduit de façon significative la quantité de moules de taille commerciale et accroît la perte d'individus. Le grossissement effectué à 10 m de profondeur permet de réduire cette accumulation de naissains et conduit à de meilleurs rendements (88,4 % de moules de taille commerciale après 24 mois de mise en boudins) qu'à la surface. Malgré une croissance vraisemblablement ralentie à 10 m de profondeur, l'immersion continue à cette profondeur apparaît comme une stratégie d'élevage avantageuse.

ABSTRACT

Mytilus edulis spat settlement, monitored on collectors placed at 1 and 10 m depth in Tracadigash Bay (Carleton, baie des Chaleurs) occurs throughout the study period from late June to mid-October. Spat number on collectors set out biweekly for a 23 to 29 day period showed direct attachment by planktonic spat ($L < 400$ µm) and two peaks in larval settlement, one in early July and another in late August (or in mid-september, in 1987) where mean densities were respectively 30 and 20 spat/cm^2. The 1987 July peak settlement reached over 640 spat/cm^2. Mean settlement densities at 10 m depth were generally lower than 4 spat/cm^2.

Seasonal changes in meat yield of marketable-sized mussels varied from year to year. Marked reductions in meat yield were used as a spawning index and appeared once (1985 and 1986) or three times depending on the year sampled. The prolonged recruitment in surface waters and the low proportion of mussels with a meat yield below 30 % suggest that individuals do not liberate all gametes completely (partial spawning) and may become asynchronous as spawning proceeded.

Settlement of spat directly on mussel socks ("second set") maintained near the surface greatly reduced the proportion of marketable-sized mussels and increased fall-off. Mussels grown near the bottom (10 m) were not covered by settling spat and exhibited a continuous increase in the proportion of marketable-sized mussels. Although growth rates of deeper water mussels might well be lower than those maintained near the surface layer, culturing mussels at 10 m depth thus seems a valuable culture technique and guarantees a higher yield.

LISTE DES FIGURES

PAGE

Figure 1. Biomasse totale recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1986 27

Figure 2. Biomasse totale recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1987 28

Figure 3. Densités moyennes de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1986 29

Figure 4. Densités moyennes de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1987 30

Figure 5. Longueur moyenne des moules recueillies sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1986 et en 1987 31

Figure 6. Biomasse totale recueillie sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur en 1986 32

Figure 7. Densités moyennes de moules et d'hiatelles captées sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur en 1986 33

Figure 8. Longueur moyenne des moules recueillies sur les collecteurs immergés à 10,0 m de profondeur en 1986 34

Figure 9. Biomasse totale recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différents moments de l'année 1986 35

Figure 10. Biomasse totale recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différents moments de l'année 1987 36

Figure 11. Densités moyennes de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différents moments de l'année 1986 37

Figure 12. Densités moyennes de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à dix dates durant 1987 38

Figure 13. Histogramme de fréquence de la longueur du naissain recueilli sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986 39

Figure 14. Histogramme de fréquence de la longueur du naissain recueilli sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différentes dates au cours de 1987 40

Figure 15. Biomasse totale recueillie sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différents moments de l'année 1986 41

Figure 16. Densités moyennes de moules captées sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986 42

Figure 17. Densités moyennes d'hiatelles captées sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986 43

Figure 18. Histogramme de fréquence de la longueur du naissain recueilli sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986 44

Figure 19. Évolution saisonnière du rendement en chair de moules d'élevage âgées de 1 et 2 ans de 1985 à 1987 45

Figure 20. Évolution saisonnière du rendement en chair de moules de gisement à Carleton en 1983 et 1984 46

Figure 21. Histogrammes de fréquence de la longueur des moules maintenues à la surface à Carleton après 19 et 22 mois de mise en boudins 47

Figure 22. Histogrammes de fréquence de la longueur des moules maintenues à 10 m de profondeur à Carleton après 19, 22 et 24 mois de mise en boudins 48

Figure 23. Longueur moyenne des moules au cours de la seconde année de grossissement 49

Figure 24. Proportion en poids des moules de taille commerciale au cours de la seconde année de grossissement 50

INTRODUCTION

Le choix d'un site d'élevage est une étape déterminante pour le succès d'une entreprise mytilicole et doit être guidé par l'examen de nombreux critères (Jamieson *et al.*, 1975). Cette analyse est habituellement complétée par des essais en mer sur une période de deux ans pour évaluer (1) l'approvisionnement en naissain, (2) la longueur du cycle de production et (3) la qualité du produit (rendement en chair, aspect de la coquille, salubrité).

Le site d'élevage dans la baie Tracadigache (Carleton, baie des Chaleurs) offre un approvisionnement abondant et régulier en naissain (Bergeron, 1989). Les essais de captage effectués en 1986 et 1987 indiquent que le recrutement débute à la fin de juin et dure au moins trois mois. Compte tenu de la durée et de l'intensité de la fixation des moules à Carleton, la prolifération du naissain sur les boudins de moules maintenus à la surface est susceptible d'entraîner une réduction (1) de la croissance des moules d'âge 1+, (2) de l'attachement des moules aux supports d'élevage (dislocation des boudins) et (3) de la flottabilité des lignes d'élevage.

Dans le contexte socio-économique actuel où le nombre de fermes mytilicoles, l'exigence des consommateurs et la menace de fermeture des zones d'exploitation (toxicité, contamination bactériologique) augmentent sans cesse, les entreprises doivent songer à réduire leur coût de production tout en maximisant le rendement commercial (biomasse de moules commercialisables par mètre de boudin) et la qualité du produit. Comme ce rendement est directement affecté par la prolifération du naissain, une meilleure connaissance du cycle de reproduction et du recrutement de la moule bleue à Carleton est essentielle pour évaluer l'impact de ce phénomène et les solutions à envisager.

Ce document présente donc les informations recueillies dans la baie Tracadigache en 1986 et 1987 sur (1) la variabilité spatio-temporelle du recrutement en larves de moules, (2) les périodes de ponte des moules sauvages et d'élevage et (3) la prolifération du naissain sur les boudins lors du grossissement à 1 et 10 m de profondeur. Les différentes stratégies d'élevage susceptibles de conduire à un meilleur contrôle des opérations de captage et de grossissement sont discutées.

SITE D'ÉTUDE

Le site adopté pour les premiers essais d'élevage de la moule dans la baie des Chaleurs est le plan d'eau qui baigne les municipalités de Carleton et de Saint-Omer. Cette zone côtière a été sélectionnée en raison de 1) la faible incidence de l'intoxication paralysante par les mollusques chez les populations naturelles (Myrand et Richard, 1987), 2) la protection relative de l'intérieur de la baie face aux vents forts de l'est et 3) la proximité de gisements naturels de moules.

Les marées à Carleton sont de type semi-diurne, ont une amplitude moyenne de 1,9 m et atteignent 2,7 m lors des marées de vive-eau. La masse d'eau est sous l'influence de deux tributaires , les rivières Nouvelle et Restigouche, cette dernière étant la plus importante avec un débit qui atteint 1 500 m^3/s à la mi-mai (Lambert, 1983). La direction et la vitesse des vents ont été examinées pour les mois de mai à décembre 1985 et 1986 à partir des relevés de la station météorologique de Charlo au Nouveau-Brunswick (Canada, Service de l'environnement atmosphérique). Les vents dominants soufflent vers l'ouest à une fréquence de 58 % et une vitesse moyenne de 15 km/h (8 noeuds); ceux souffflant vers l'est ont une fréquence de 38 % et une vitesse moyenne de 12 km/h (6,5 noeuds). Pour une période d'observation de 10 ans (1977 à 1986, mai à décembre), les vitesses moyennes des vents toutes directions sont maximales pour les mois de septembre (19,3 km/h) et décembre (19,1 km/h).

La vitesse moyenne des courants déterminée au cours des mois de juillet à décembre 1985 à 1987 est de 8,7 cm/s à une profondeur de 2 m et le flux résiduel montre un écoulement en direction ouest (Bonardelli *et al.*, 1989).

Les bancs de moules importants sont localisés autour de la pointe Tracadièche (phare de Carleton) et à l'entrée du barachois. D'importants gisements de moules entre Saint-Omer et Carleton faisaient l'objet d'une exploitation au cours des années soixante mais ces bancs ne se sont jamais reconstitués probablement à cause d'un effort de pêche trop élevé.

Les lignes flottantes utilisées pour la suspension des boudins de moules sont à environ un kilomètre du rivage (48° 06.00' lat., 66° 10.17' long.) et la profondeur du site est de 12 m sous le niveau de référence marégraphique. Le fond est vaseux et les espèces épibenthiques dominantes qui s'y retrouvent sont le crabe commun *Cancer irroratus* et l'étoile de mer *Leptasterias polaris*. Les substrats rocheux se retrouvent presque exclusivement dans la zone intertidale.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Recrutement sur substrats artificiels

Le recrutement en larves de moules a été suivi sur des surfaces expérimentales de type "Vexar" de 10 x 10 cm avec une maille de 9,5 mm. Les capteurs sont regroupés deux par deux (un module) pour permettre une duplication à chaque date d'échantillonnage. Chaque module est constitué de deux capteurs verticaux séparés par une distance de 15 cm et d'un poids de 200 g fixé à 30 cm du capteur inférieur. Les modules numérotés sont répartis de façon aléatoire sur les lignes flottantes et suspendus à une distance de 50 cm de cette même ligne. Toutes les surfaces sont fabriquées avec du matériel neuf et sont immergées 6 jours avant le début de l'expérience pour permettre la diffusion des substances chimiques recouvrant le treillis en polypropylène.

Fréquence d'échantillonnage et profondeur d'immersion. - Un nombre suffisant de collecteurs a initialement été immergé pour permettre la récolte de deux modules à chaque 15 jours. L'un d'eux est congelé pour analyse ultérieure (captage en continu) tandis que l'autre est dégarni et brossé à fond pour être utilisé à nouveau comme capteur vierge pour une période d'environ 30 jours (captage discontinu). Cette dernière méthodologie permet de décrire le recrutement exclusif à certaines périodes au cours de la saison.

Les modules ont été immergés à 1 et 10 m de profondeur en 1986 et uniquement à 1 m de profondeur en 1987.

Analyse des échantillons. - Les échantillons décongelés sont drainés pour enlever l'excédent d'eau et le poids total des capteurs est mesuré. Le poids frais décongelé des organismes est obtenu en soustrayant le poids d'un collecteur vierge de même dimension. La biomasse ainsi obtenue équivaut donc à celle obtenue sur une surface de 200 cm^2 puisque les collecteurs sont colonisés sur les deux faces.

La densité de *Mytilus edulis* et de *Hiatella arctica* ainsi que la structure de taille des moules sont évaluées à l'aide de quadrats de 2 x 2 cm répartis de façon aléatoire sur chacun

des capteurs. La position des quadrats est déterminée à l'aide d'une feuille de mica transparente sur laquelle est tracé un quadrillage où chacune des intersections est numérotée. La sélection d'une coordonnée est faite à l'aide d'un générateur de nombres aléatoires. Aucun échantillon n'est prélevé sur une bande de 1 cm de largeur à la périphérie des collecteurs pour tenir compte de l'effet de bordure (voir Okamura, 1986).

Trois quadrats sont prélevés sur chaque surface sans chevauchement entre eux, ce qui correspond à un échantillonnage aléatoire simple sans remise. Le rapport de la surface d'un quadrat (4 cm^2) à la surface totale échantillonnée (64 cm^2) est de 0,06 et est voisin de la valeur de 0,05 suggérée par Green (1979). Les trois échantillons couvrent une surface totale de 12 cm^2, ce qui représente un effort d'échantillonnage de 18,8 %.

Pour les quadrats où il n'est pas possible de distinguer facilement sur quelle face du treillis sont fixés les bivalves, la totalité du quadrat est analysée (8 cm^2). Dans le cas contraire, les organismes fixés sur une seule face (4 cm^2) sont prélevés pour l'analyse. Toutes les tailles de moules et de hiatelles sont incluses dans l'analyse et la taille minimale mesurée est de 260 µ. Les individus de 0,26 à 2 mm de longueur sont retirés du collecteur par immersion dans une solution aqueuse d'hypochlorure de sodium 3 % (Davies, 1974; Sutterlin *et al.*, 1981; Skidmore and Chew, 1985).

Les bivalves récoltés dans chacun des quadrats sont dénombrés en totalité sauf lorsque le nombre d'individus dépasse 500 : la densité est alors estimée par comptage d'un sous-échantillon de poids connu. Le contenu des trois quadrats est ensuite mélangé et un sous-échantillon d'au moins 60 spécimens est retiré pour en évaluer la structure de taille. La longueur de la coquille est mesurée à l'aide d'une loupe binoculaire munie d'un oculaire micrométrique (précision de 0,025 mm) ou à l'aide d'un vernier pour les individus dépassant 4-5 mm (précision de 0,1 mm).

En raison de la somme importante de travail nécessaire à l'analyse des collecteurs, un seul collecteur par module a été retenu. Le critère d'abondance maximale des organismes a été adopté pour le choix de la surface à analyser.

2. Évaluation de l'indice de condition

L'indice de condition utilisé (rendement en chair) est calculé de la façon suivante:

$$\frac{\text{poids de chair cuite}}{\text{poids de chair cuite + poids des coquilles}}$$

Cet indice de condition est utilisé à des fins surtout commerciales plutôt qu'écophysiologiques puisqu'il est très facile à déterminer et qu'il permet de caractériser la qualité du produit (Myrand et Richard, 1987). De plus, cet indice conduit à des résultats fiables à la fois sur des échantillons frais et congelés (Davenport and Chen, 1987) quoique des différences importantes aient été retrouvées par l'équipe de recherche du M.A.P.A.Q. (B. Myrand, communication personnelle).

Le rendement en chair a été calculé sur des moules appartenant à deux classes de taille, soit 40-49 mm (âge 1+) et 50-59 mm (âge 2+) de longueur. Après le nettoyage des coquilles, les moules sont cuites à la vapeur pendant 10 min: le poids de la chair cuite et de la coquille est mesuré pour chaque individu après un refroidissement d'une durée de 5 min sur un papier absorbant.

Le rendement en chair a été suivi chaque semaine au cours de la période juin-octobre 1985, 1986 et 1987. Les moules d'élevage utilisées pour ce suivi étaient immergées chaque année à environ 10 m sous le niveau de référence marégraphique à la mi-octobre et remises en suspension à la surface au cours du mois de mai suivant. À chaque date de récolte, une portion d'environ 40 cm d'un boudin fixé sur une filière flottante était prélevée et de 10 à 25 individus de la taille appropriée étaient conservés pour l'analyse.

3. Structure de taille des moules au cours du grossissement

Les boudins de moules utilisés pour le suivi du grossissement ont été fabriqués le 85-10-01. La mise en boudins a été effectuée avec un filet tubulaire de type canadien de diamètre fixe (voir la photo 3.8 de Myrand et Richard, 1987). Ce type de filet a été abandonné depuis

car les densités obtenues se sont révélées trop élevées, compte tenu de la taille réduite du naissain.

Les filières portant ces boudins ont été immergées pour la période hivernale peu après leur fabrication et une seule a été remontée à la surface le 86-05-27, tandis que l'autre a été maintenue à une profondeur de 10 m pour toute la durée du grossissement. La filière de surface a été de nouveau immergée le 86-10-10 et remise à la surface le 87-05-27. Au cours de cette troisième année de croissance, des portions de boudins ont été récoltées pour l'évaluation de la structure de taille et de la proportion en poids des moules de taille commerciale ($L \geq 50$ mm).

RÉSULTATS

1. Recrutement des moules sur les collecteurs

Captage en continu à la surface

Les organismes recueillis sur les collecteurs immergés le 4 juin de chaque année sont d'abord des colonies de diatomées et des algues filamenteuses. La biomasse initiale ne dépasse pas 10 g par collecteur (200 cm^2) jusqu'à la mi-juillet (Fig. 1). L'accroissement en poids se produit surtout à partir du mois d'août par suite du recrutement et de la croissance des moules sur les collecteurs. À ce moment, les moules recouvrent la totalité des collecteurs. Pour les deux années d'échantillonnage, une réduction de la biomasse se produit au mois de septembre et les valeurs maximales sont atteintes à la fin de la période d'observation (210 et 90 g/200 cm^2) respectivement en 1986 et 1987.

Les densités moyennes de moules sur les collecteurs de surface montrent un accroissement rapide en juillet (Fig. 2). En 1986, une faible baisse de la densité a lieu au début du mois d'août et un accroissement graduel est observé par la suite pour atteindre un maximum de 47,4 ind./cm^2 au début du mois d'octobre (Fig. 2). L'année suivante, le maximum est atteint dès la fin de juillet et est beaucoup plus élevé qu'en 1986 (695 ind./cm^2; Fig. 2). Au cours des mois d'août et septembre, la densité moyenne baisse de façon marquée jusqu'à 43 ind./cm^2. Cette réduction marquée de la densité en 1987 va dans le même sens que la forte baisse de biomasse notée auparavant (Fig. 1).

La taille moyenne des moules récoltées sur les collecteurs est nettement plus élevée en 1986 qu'en 1987 pour les mesures faites à partir de la fin d'août (Fig. 3). La taille moyenne atteint 5,7 et 2,1 mm respectivement en octobre 1986 et 1987.

Captage en continu en profondeur

Les hydres sont les premiers épibiontes aperçus sur les collecteurs maintenus à 10 m de profondeur en 1986. Le film primaire de diatomées et d'algues filamenteuses retrouvé à la surface n'a pas été observé à cette profondeur après examen microscopique. Les premiers bivalves ne sont visibles qu'à partir du mois d'août et expliquent la faible augmentation de biomasse illustrée sur la Fig. 4. La biomasse récoltée sur les collecteurs demeure inférieure à 10 g/200 cm^2 au cours de l'été et grimpe à 68,6 g/200 cm^2 pour le dernier relevé du 3 octobre où le collecteur est totalement recouvert par *Hiatella arctica*. Cette biomasse demeure toutefois inférieure à celle observée à la même date sur les collecteurs maintenus à la surface (209,8 g/200 cm^2; Fig. 1).

L'abondance des hiatelles à cette profondeur est toujours plus importante que celle des moules. Le nombre d'hiatelles par unité de surface atteint un maximum de 24,5 au 22 juillet et diminue ensuite progressivement jusqu'au début du mois d'octobre avec 11,3 ind./cm^2 (Fig. 5). La densité de moules augmente de façon régulière de juin à août pour atteindre un maximum de 12,3/cm^2. Une réduction marquée a lieu au début de septembre suivie d'un second accroissement pour atteindre 10 ind./cm^2 le 3 octobre.

Ces densités de moules sont nettement inférieures à celles calculées sur les collecteurs de surface pour 1986 et 1987. Inversement, la densité d'hiatelles est plus forte à 10 m qu'à la surface où elle ne dépasse pas 2 ind./cm^2.

La longueur moyenne des moules récoltées à 10 m s'accroît régulièrement de juin à octobre et atteint un maximum de 1,7 mm lors du dernier échantillonnage (Fig. 8). Cette croissance est beaucoup plus faible que celle obtenue à la surface en 1986 (Fig. 5).

Captage discontinu à la surface

Pour le captage en continu, le recrutement au temps t + 1 est affecté par la colonisation qui a eu lieu dans l'intervalle de temps t à t + 1. Les collecteurs vierges immergés pour des périodes fixes à différents moments au cours de l'été permettent d'éliminer l'effet de cette

colonisation antérieure et de déterminer le recrutement en larves de façon indépendante pour chacune de ces périodes (captage discontinu).

Les collecteurs immergés en juin 1986 et 1987 pour une durée de 23 et 22 jours récoltent peu d'épibiontes (poids total < 4 g/200 cm^2; Fig. 9 et 10). Le poids total est maximal (18 à 20 g) lorsque les collecteurs sont mis à l'eau le 86-07-09 et le 87-07-01. Le captage effectué en 1986 montre que la biomasse décroît légèrement lorsque la date d'immersion est au-delà du 22 juillet (Fig. 9) et se maintient autour de 10 g/200 cm^2 (immersion de 28-29 jours) lorsque les capteurs sont mis à l'eau avant le 17 septembre. Le recrutement devient faible (< 4 g) dès la mi-septembre.

En 1987, la biomasse récoltée sur les collecteurs immergés entre le 17 juillet et le 27 août est comparable (14-15 g) à celle obtenue en 1986 (10-16 g) pour des dates équivalentes (Fig. 10). Le poids total se maintient autour de 3 à 6 g lorsque la date d'immersion dépasse le 27 août.

Les variations de biomasse notées auparavant ne peuvent pas être attribuées uniquement à l'abondance des larves de moules en raison de l'abondance variable du film primaire. Cependant, l'évaluation de la densité du naissain de moules sur les surfaces permet elle de décrire la durée et l'intensité de fixation de *Mytilus edulis*.

Compte tenu de la durée d'immersion de chaque collecteur et du chevauchement entre les périodes d'immersion, il est possible de reconnaître en 1986 deux pics de fixation, un premier au début de juillet (28 moules/cm^2) et l'autre à la fin du mois d'août (18 moules/cm^2; Fig. 11). À partir de la mi-septembre, le recrutement est faible avec des densités moyennes inférieures à 2 ind./cm^2.

Pour l'année suivante, le recrutement des moules sur les collecteurs a aussi une répartition bimodale avec un retard de 20 jours par rapport à 1986 dans l'apparition du second mode (Fig. 12). Le premier pic à la seconde moitié de juillet atteint 643 moules/cm^2. Cette densité est nettement supérieure à celle calculée en 1986 à la même période. Le second pic, qui apparaît dans la seconde moitié de septembre, montre une densité semblable à celle calculée à la fin d'août 1986 (20 moules/cm^2).

La structure de taille du naissain récolté en 1986 montre bien que le recrutement se produit au cours de toute la période d'observation (Fig. 13). Il est difficile d'identifier les dates exactes de fixation massive en raison de la croissance du naissain pendant la période d'immersion de chaque collecteur (environ 23 à 29 jours). Toutefois, la forte proportion de naissains de 260 à 400 µ notée sur les premiers collecteurs indique qu'un recrutement massif a eu lieu tout juste avant le retrait de ces collecteurs, soit autour du 1er juillet. Cette date de première fixation corrobore celle identifiée à la Fig. 11 et les observations déjà présentées ailleurs (Bergeron, 1989).

Les moules de plus grande taille (de 3 à 5 mm) ont une fréquence maximale lorsque la période d'immersion chevauche le mois d'août (08-06 au 09-04): le taux de croissance semble donc être maximal à ce moment de l'année.

En 1987, la première fixation de larves aurait lieu légèrement plus tôt qu'en 1986 compte tenu de la présence d'individus de 1,4 mm sur les collecteurs récoltés le 26 juin (Fig. 14). L'étalement des histogrammes noté pour les périodes d'immersion correspondant au mois d'août indique une bonne croissance pour cette période de l'année. De façon générale, les tailles calculées pour 1987 sont semblables à celles de l'année précédente.

Captage discontinu en profondeur

La biomasse totale recueillie sur les collecteurs maintenus à 10 m de profondeur est maximale pour la première période de captage (4,4 g; Fig. 15). Les hydres n'ont été observées qu'au moment de la récolte de ces collecteurs (86-06-26) et expliquent la biomasse obtenue. La densité moyenne de moules est maximale à la fin de juillet (12,8 ind./cm^2; Fig. 16) et elle demeure inférieure à 4 ind./cm^2 pour toutes les autres périodes. Ce pic de fixation apparaît sensiblement à la même période que celui observé près de la surface (Fig. 11). La fixation des hiatelles est uniforme sur toute la période d'échantillonnage (< 5 ind./cm^2; Fig. 17) et la densité maximale (5,6 ind./cm^2) apparaît à la fin de juillet.

La densité des moules sur les collecteurs maintenus à 10 m de profondeur est faible par rapport à la surface. La valeur moyenne maximale présentée ci-dessus est 2,2 fois inférieure à celle obtenue à la surface en 1986 pour une durée d'immersion comparable. Sur les

collecteurs intacts immergés de juin à octobre 1986, la densité de moules au 3 octobre est près de 5 fois plus faible en profondeur qu'en surface (Fig. 3 et 7).

Les histogrammes de fréquence de taille des moules captées à 10 m de profondeur sont beaucoup moins étendus que ceux correspondant au captage de surface (Fig. 18 *vs* 13 et 14). À l'exception de deux périodes, les moules atteignent rarement 1,5 mm et la position stationnaire du mode principal (de 260 à 600 µm) reflète bien une croissance réduite à cette profondeur.

2. Variations saisonnières du rendement en chair

Le cycle saisonnier du rendement en chair montre des variations différentes au cours des trois années d'échantillonnage (Fig. 19). Selon le postulat qu'une baisse prononcée du rendement en chair est liée à l'expulsion des produits sexuels, les moules de deux ans d'âge se reproduisent à une (1985 et 1986) ou trois reprises (1987) entre les mois de mai et octobre. En 1985, la ponte survient à la mi-juillet alors que le rendement en chair atteint 35 % le 24 juillet et 30 % au début de septembre. En 1986, la réduction du rendement en chair n'a pas lieu avant la mi-août et se prolonge plus tard que l'année précédente. Les rendements moyens n'atteignent 33 % qu'à la mi-septembre. En 1987, la baisse de la proportion de chair est observée tôt en saison (fin de juin), à la mi-juillet (du 15 au 21) et à la mi-août (du 13 au 19). La diminution du rendement moyen est respectivement de 13%, 11,2% et 19,7 % pour chacune de ces périodes. Cette seconde ponte se produit d'ailleurs à la même date qu'en 1985 tandis que la troisième correspond à celle identifiée en 1986.

Les variations observées pour les moules d'un an sont semblables en 1985 et 1986. La ponte a vraisemblablement lieu à la mi-août mais les rendements moyens ne sont jamais aussi faibles que ceux des moules plus âgées.

D'autre part, le rendement en chair calculé en 1983 et 1984 pour des moules sauvages de l'étage intertidal (Fig. 20) indique que la ponte survient à la mi-juin et semble se produire au même moment d'une année à l'autre. On note aussi que la chair des moules sauvages contribue peu au poids total de l'animal (rendement maximal de 20 %) par rapport aux moules d'élevage.

3. Prolifération du naissain sur les boudins de moules

La structure de taille des moules d'élevage maintenues à la surface après 19 et 22 mois de mise en boudins montre bien la prolifération des individus entre 20 et 30 mm de longueur (Fig. 21). Ces petites moules recrutées durant l'été 1986 sont fixées à la périphérie du boudin et sont susceptibles de réduire la quantité de nourriture disponible aux individus sous-jacents qui représentent la future biomasse à commercialiser. Les moules âgées d'un an atteignent une longueur modale de 27 mm en août 1987. Après cette date, les boudins de deux ans se sont dégrappés de façon importante et ont forcé l'arrêt de l'échantillonnage en raison de leur piètre apparence. La croissance des moules âgées d'un an a ainsi entraîné une chute importante des plus gros individus (âgés de deux ans) par suite de l'attachement trop faible de ceux-ci par rapport à l'accroissement en poids total du boudin.

Les moules maintenues à 10 m de profondeur ont une fréquence plus faible d'individus de taille correspondant au recrutement de 1986 par rapport à ce qui est observé à la surface (Fig. 22). Les écarts entre les deux profondeurs d'élevage sont encore plus marqués lorsque l'on suit l'évolution de la taille moyenne des moules et la proportion de moules commerciales. La longueur moyenne des moules est semblable après 19 mois de mise en boudins (37-38 mm; Fig. 23) et elle atteint 42,0 et 29,6 mm respectivement à 10 et 1 m de profondeur. Par la suite, la taille moyenne atteint 50,0 mm en profondeur alors qu'à la surface les boudins se disloquent progressivement.

La proportion de moules de taille commerciale varie de façon marquée à la surface (Fig. 24) probablement par suite du captage irrégulier le long d'une ligne flottante et du remplissage irrégulier des filets. De juin à août, la proportion diminue constamment en raison de la prolifération et de la croissance du naissain. Les valeurs observées à 10 m de profondeur sont moins variables et montrent un accroissement continu de juin à octobre. Les valeurs maximales se retrouvent en octobre et atteignent 88,4 %. La taille maximale observée à cette date est de 71 mm. Il faut noter que dès le 19e mois de mise en boudins (juin), il est possible de récolter des boudins dont 70 % de leur poids sont des moules de taille commerciale.

DISCUSSION

1. Recrutement des *larves de moules*

Chaque année, les collecteurs ont été répartis sur une distance d'environ 35 m le long d'une filière flottante: si la répartition des larves planctoniques montre une hétérogénéité spatiale inférieure à cet ordre de grandeur, le recrutement peut montrer une variabilité importante d'un capteur à l'autre. Ainsi la variabilité temporelle du recrutement sur les collecteurs (biomasse, densité et structure de taille) est probablement biaisée par une variabilité spatiale car chaque date de récolte ne fait intervenir qu'un seul collecteur dont l'emplacement est différent des autres. Malgré cette contrainte, le recrutement observé à la surface montre des tendances semblables pour les deux années d'expérimentation et semble bien représenter ce qui se passe à Carleton.

Il est généralement reconnu que le recrutement de la moule bleue débute par une fixation primaire où la présence d'un substrat filamenteux (algues, hydres, colonies de diatomées) est nécessaire pour permettre aux larves plantigrades de se fixer (Bayne, 1964; Seed, 1969; Dare *et al.*, 1983). La fixation sur les bancs naturels adultes n'a lieu qu'après une seconde phase pélagique de croissance alors que le naissain a atteint une taille de 1,0 à 2,0 mm. Bøhle (1971) et Kautsky (1982) ont cependant mis en doute ce phénomène de fixation secondaire.

À Carleton, la formation d'une couche filamenteuse sur les collecteurs utilisés lors du captage discontinu à 1 m a lieu à partir du début de la saison jusqu'à ce que la date d'immersion dépasse le 86-09-17 ou le 87-09-25. Le naissain de taille inférieure à 400 µm se fixe tout au cours de la saison à la fois sur des surfaces recouvertes d'algues filamenteuses et sur des surfaces dénudées (Fig. 13 et 14). Le même phénomène se produit à 10 m de profondeur où les larves plantigrades (< 400 µm) se fixent pour toutes les périodes d'immersion (Fig. 18) alors que la présence d'un couvert d'hydres n'apparaît que pour les trois premières et la septième période d'immersion.

Il semble donc que la fixation des plantigrades ait lieu même en l'absence d'un substrat filamenteux tel que l'ont observé McGrath *et al.* (1988) qui ont démontré que les larves

plantigrades (L < 400 µm) se fixent directement sur les peuplements adultes sans la phase initiale de croissance sur un substrat filamenteux. La taille du naissain récolté au cours du captage discontinu peut aussi être le résultat d'une fixation secondaire où les larves dites de stade secondaire ("secondary spat" de 0,5 à 1,5 mm; Dare *et al.*, 1983) se fixent sur les capteurs. Il n'est toutefois pas possible d'évaluer l'importance de cette fixation secondaire sur les collecteurs en raison de la croissance des larves au cours de la période d'immersion.

Le recrutement de naissain de moules dans la couche superficielle de la colonne d'eau débute à la fin du mois de juin et se prolonge jusqu'à la fin de la période d'observation. Cette période de fixation des moules est semblable à celle décrite à Terre-Neuve (Garden Cove, Sutterlin *et al.*, 1981) sauf qu'à cet endroit, le pic de fixation a lieu au mois de septembre plutôt qu'en juillet. Les densités de moules obtenues pour des périodes d'immersion de 30 jours en 1973 à Garden Cove sur des collecteurs en plastique (maille de 0,15 mm) placés horizontalement à 3 m atteignent 216,4 ind./cm^2 en septembre. La densité moyenne obtenue en juillet 1987 à Carleton (643 ind./cm^2) est trois fois plus élevée.

Lorsque le recrutement est caractérisé par de telles densités de moules (Fig. 4 et 12), on observe une diminution importante de la biomasse au cours du mois de septembre suivant. Cette réduction de biomasse est d'ailleurs plus importante (50 g en 1987 *vs* 27 g en 1986; Fig. 1 et 2) lorsque les densités sont les plus élevées (100/cm^2 en 1987 *vs* 30/cm^2 en 1986; Fig. 3 et 4). Le poids des moules devient alors trop élevé par rapport à l'attachement que leur procure leur byssus. L'instabilité de la matrice de moules couplée à l'incidence de forts vents au cours du mois de septembre (données de 1977 à 1986 du Service de l'environnement atmosphérique) conduit donc à un éclaircissement des collecteurs.

La chute importante de moules observée en 1987 se traduit d'ailleurs par une taille moyenne beaucoup plus faible que l'année précédente (Fig. 5). Ainsi, les moules en périphérie du collecteur qui ont accès à une plus grande quantité de nourriture et qui ont une taille plus élevée sont celles qui tombent les premières. Si cette chute de moules se produit sur la majorité des collecteurs, la proportion de moules ayant une taille convenable pour la mise en boudins risque d'être très faible.

La diminution de la densité et de la dominance des moules en fonction de l'accroissement de la profondeur, confirme les résultats présentés par Sutterlin *et al.* (1981).

L'abondance de naissains à Garden Cove est de 7 à 9 fois moins élevée à 10 qu'à 3 m (Tableau 6.1; Sutterlin *et al.*, 1981) lors du pic de fixation de moules et ce n'est qu'à 25 m que le nombre de recrues devient négligeable, soit 1 moule/cm^2. Pour une profondeur de 10 m à Carleton, l'abondance de moules est réduite d'un facteur 2,2 à 5 pour 1986 mais *H. arctica* est légèrement plus abondant que *M. edulis* et peut même atteindre une biomasse importante (récolte du 86-10-03 sur la Fig. 6).

2. Périodes de ponte

Les gonades matures contribuent de façon importante au poids de chair de la moule et la perte de poids, associée à l'expulsion des gamètes, peut être utilisée comme indice de la période de ponte chez ce bivalve. Cette information permet aux producteurs de planifier facilement la date de mise à l'eau des collecteurs sans avoir à effectuer un échantillonnage hebdomadaire des larves planctoniques de moules. De plus, les changements saisonniers de la quantité de chair déterminent la période optimale de récolte du produit (rendement et qualité élevés).

Le cycle saisonnier du rendement en chair est très variable d'une année à l'autre contrairement aux observations faites par Lutz *et al.* (1980) sur les côtes du Maine de 1976 à 1978. À Carleton, en utilisant la baisse du rendement en chair comme indice de la période de ponte, elle a lieu à la mi-juin, à la mi-juillet ou à la mi-août selon les années. Il n'est cependant pas possible de savoir si une ponte printanière (avril) a lieu à Carleton à cause de l'absence d'échantillon à cette période de l'année.

Différentes périodes de ponte ont aussi été identifiées pour des sites d'élevage de la côte Est atlantique et du Golfe: elle a lieu à la fin de mai (Lutz *et al.*, 1980), en juin (Muise and MacLeod, 1980; Robert, 1981) ou en juillet (Sutterlin *et al.*, 1981). Ces divergences semblent confirmer l'effet des variations qualitatives et quantitatives de la disponibilité de nourriture sur le cycle gamétogénique (Newell *et al.*, 1982; Rodhouse *et al.*, 1984; Hilbish and Zimmerman, 1988). Les différentes périodes de ponte retrouvées à Carleton seraient vraisemblablement liées aux variations annuelles de la disponibilité de nourriture.

Par contre, comme les moules de gisement à Carleton se reproduisent au même moment en 1983 et 1984, il semble qu'elles n'expérimentent pas le même régime alimentaire que les moules maintenues en élevage plus au large. Rodhouse *et al.* (1984) ont démontré que le cycle gamétogénique est différent pour des moules sauvages et d'élevage situées à proximité et ils suggèrent que ce phénomène est lié à la différence dans la quantité et la qualité de nourriture entre la zone intertidale et le site d'élevage en suspension.

Les résultats présentés ici ne permettent pas de déterminer précisément le cycle de reproduction de la moule ni le mécanisme de déclenchement de la ponte. Il est cependant intéressant d'examiner les dates probables de ponte en fonction du recrutement en larves de moules décrit auparavant pour le site de Carleton.

Les densités maximales de naissains obtenues lors du captage discontinu ont lieu au début de juillet et à la fin d'août (1986) ou à la mi-septembre (1987). Le second pic est relativement bien synchronisé avec la ponte du 13 au 19 août si l'on suppose que la durée approximative du développement larvaire est de 16-20 jours à des températures voisines de 16°C (Bayne, 1965). Cependant, il est difficile d'associer une ponte qui expliquerait le recrutement massif observé au début de juillet en raison des dates tardives d'échantillonnage. À cette période de l'année, les températures de surface sont voisines de 10°C et la durée approximative du développement larvaire serait de 34 à 38 jours à cette température (Bayne, 1965). La réduction du rendement en chair notée à la fin du mois de mai 1987 (Fig. 19) pourrait être une ponte partielle qui serait à l'origine de la fixation larvaire du début juillet. Seul l'examen histologique d'un nombre élevé d'individus pour l'évaluation de la fraction volumétrique des gonades (Bayne *et al.*, 1978) permettrait de connaître en détail le cycle de reproduction des moules de Carleton.

La présence d'une longue période de recrutement à Carleton ainsi que la faible proportion d'individus avec des rendements inférieurs à 30 % au cours des trois années d'échantillonnage (Fig. 19) semblent corroborer cette hypothèse de ponte partielle. Il faut toutefois préciser que le recrutement de la moule à Carleton n'est pas nécessairement lié aux périodes de ponte mises en évidence chez la population adulte du même endroit car les larves peuvent très bien provenir d'ailleurs. Une telle dérive larvaire ferait en sorte que le recrutement à Carleton serait fonction de la ponte d'une autre population de moules.

3. Prolifération du naissain sur les boudins

Les essais d'élevage effectués jusqu'à maintenant à Carleton indiquent que les rendements en moules commerciales ne permettent pas de songer à une récolte au cours de la seconde année de croissance. Un nombre minimal de 20 mois après la mise en boudins est nécessaire pour que les moules de taille commerciale représentent 60 % du poids total d'un boudin (Fig. 24 et Bergeron, 1988). Selon ce calendrier, les filières d'élevage doivent être conservées pour un second hiver. Les moules maintenues à la surface au cours de cette troisième année de croissance seront donc à la merci d'une seconde prolifération de naissains si elles ne sont pas récoltées avant le mois de juillet.

Une forte abondance de naissains sur les boudins est à éviter car elle entraîne une augmentation inutile du poids des boudins et réduit de façon marquée la proportion des moules de taille commerciale. La quantité de naissains sur les boudins de moules est nettement différente selon la profondeur à laquelle sont maintenues les lignes d'élevage. Ce résultat est conforme au recrutement plus faible des larves de moules noté sur les capteurs immergés à 10 m de profondeur. Cependant, l'intensité du recrutement sur les collecteurs n'est sûrement pas comparable à celle retrouvée sur les boudins car ces substrats n'ont pas le même attrait pour les larves de moules. Par exemple, le bivalve *Hiatella arctica* n'a jamais été observé sur les boudins de moules maintenus à 10 m de profondeur alors qu'il se fixe sur les collecteurs à cette même profondeur.

À Carleton, la densité initiale à l'intérieur des filets canadiens était élevée (> 400 ind./pied) par suite de l'impossibilité de contrôler le diamètre de ce type de filet et de la quantité importante de petites moules (tri du naissain non effectué en octobre 1985). Ce remplissage inadéquat des filets a probablement favorisé un recrutement massif de larves sur les boudins maintenus à la surface quoique, généralement, ce phénomène est plutôt le résultat d'une densité trop faible de moules dans les filets (Somers, 1986; Myrand et Richard, 1987). Les observations effectuées récemment sur la structure de taille des boudins fabriqués par un producteur de Carleton montrent que même avec des densités convenables (300-350 moules par pied), les boudins maintenus à la surface au cours de la seconde année de croissance portent une quantité importante de naissains. Ainsi, le contrôle de la densité de moules dans les filets au moment du boudinage ne semble pas éliminer la prolifération du naissain lorsqu'ils sont suspendus dans la couche superficielle de la colonne d'eau.

La présence de larves de moules en quantité importante aux mois d'octobre et de novembre est possiblement un autre facteur responsable de cette prolifération du naissain sur les boudins. L'expérience de captage effectuée avec les collecteurs n'a pas été poursuivie au-delà du 22 octobre et rien n'indique qu'il n'y ait pas un troisième pic de fixation lié à une ponte automnale (mi-septembre). Comme la fréquence de nettoyage des coquilles est plus faible aux basses températures (de 1 à 10°C *vs* 16 à 20°C; Beristain and Malouf, 1987), les moules immergées à partir de la mi-octobre seront moins efficaces pour éliminer le naissain qui les recouvre.

4. Stratégie de captage et de grossissement

La période de fixation des larves de moules et les densités calculées sur les collecteurs sont telles que la baie Tracadigache offre un approvisionnement abondant et régulier en naissains. Cependant, l'abondance de ces moules peut être assez élevée certaines années pour entraîner une chute importante des moules de plus grande taille au cours du mois de septembre et compromettre ainsi l'opération de boudinage. Comme le principal pic de fixation a lieu au début de juillet, l'immersion des collecteurs pourrait être faite seulement à partir du 20 ou du 30 juillet pour éviter les densités les plus fortes sans toutefois trop raccourcir la période de croissance du naissain.

Cependant, comme l'intensité de fixation est susceptible de montrer des variations sur un cycle de 4 ou 5 ans, les collecteurs devraient être placés progressivement à partir de la fin de juin jusqu'au début d'août pour réduire la probabilité de faire face à une pénurie de naissains certaines années.

La densité n'affecte pas seulement la stabilité du naissain mais aussi sa croissance. Une réduction de la densité de moules sur les collecteurs permettrait de maximiser la taille moyenne du naissain. Le captage effectué à 10 m de profondeur conduit à des densités faibles de moules mais la taille du naissain demeure faible à cette profondeur. De plus, le bivalve *Hiatella arctica* risque de se fixer en abondance sur les collecteurs de sorte que cette alternative n'est pas très prometteuse. Les collecteurs pourraient toutefois être immergés immédiatement après le recrutement du mois de juillet et ainsi être soustraits à une

accumulation trop importante de naissains. Cette stratégie est cependant fonction de la densité initiale recueillie sur les collecteurs et nécessite un suivi vigilant de l'intensité de fixation.

Le problème majeur rencontré à Carleton concerne la prolifération du naissain sur les boudins suspendus à la surface de l'eau au cours de l'été et cette contrainte fait en sorte que la baie Tracadigache est un site de captage plutôt qu'un site de grossissement. La seconde fixation est considérée comme un problème majeur à l'Île-du-Prince-Édouard (Arsenault, 1987) et, pour cette raison, les opérations de captage et de grossissement ne sont généralement pas effectuées au même site dans cette province.

Outre la possibilité de rechercher des sites où le captage serait moindre que celui obtenu à Carleton, diverses solutions à ce problème ont été expérimentées soit (1) le nettoyage au jet d'eau, (2) la prédation par le crabe commun et (3) le grossissement des moules près du fond. Le nettoyage au jet d'eau sous pression est efficace pour déloger le naissain mais cette méthode est trop laborieuse et se révèle difficilement applicable à un nombre élevé de lignes d'élevage.

Le crabe commun *Cancer irroratus* est un prédateur efficace pour éliminer les salissures retrouvées sur les structures d'élevage d'huîtres (*Crassostrea virginica*; Enright *et al.*, 1986). Par suite du succès obtenu par ces auteurs, le nettoyage des boudins par le crabe commun a été expérimenté à Carleton à l'aide de cages insérées sur les boudins de moules. Après deux mois d'alimentation sur un boudin (août et septembre), les crabes maintenus en cage ont réduit l'abondance des jeunes moules sans toutefois exercer une prédation trop forte sur les moules de plus grande taille initialement placées dans le filet.

Comme ce crabe est particulièrement abondant sur les fonds meubles de la région de Carleton, il peut être aisément capturé et placé sur les boudins. Dans la seconde partie de l'expérience, les crabes pêchés à 11 m de profondeur, acclimatés à 4,5 m pour au moins 24 h et placés directement sur les boudins de moules en surface ne sont pas demeurés plus de 24 h. L'agitation de l'eau en surface semble être responsable de la chute des crabes. La chute des crabes transplantés sur les lignes flottantes est donc une contrainte importante à l'utilisation de cette méthode.

Le maintien des boudins de moules à une profondeur voisine de 10 m pendant toute la durée du grossissement semble une solution intéressante pour éviter la fixation du naissain et permettre ainsi des rendements plus élevés. Comme la croissance des moules à cette profondeur est sûrement plus faible qu'à la surface (voir par exemple les taux de croissance de Sutterlin *et al.*, (1981) à 3, 7,5 et 15 m), la durée du cycle de production est plus longue. La taille moyenne n'atteint 50 mm qu'après 24 mois de grossissement.

Malgré cette croissance réduite en profondeur, l'immersion continue des lignes d'élevage permet: (1) de réduire les coûts élevés de main-d'oeuvre reliés aux opérations actuelles d'immersion (à l'automne) et d'émersion (au printemps) de lignes répétées annuellement, (2) de réduire les risques de conflits avec la navigation de plaisance et commerciale et (3) de réduire les pertes résultant de l'usure du matériel et de l'agitation des supports d'élevage par suite des intempéries.

Le choix d'une stratégie d'élevage ne se fait donc pas uniquement sur la base du taux de croissance des moules. D'autres facteurs comme les coûts de production, les risques liés au maintien des structures en mer, les conflits avec les autres utilisateurs du plan d'eau, la qualité du produit (aspect de la coquille, rendement en chair, durée de vie-étagère, salubrité) sont tout aussi importants à considérer dans la gestion des opérations d'élevage.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail et en particulier Gilles Savard, Donald Ladouceur, Bruno Landry, Pierrette Turcotte et Claude Forest pour l'échantillonnage en mer et les analyses de laboratoire. La contribution de Danielle Packwood à l'analyse des capteurs est également appréciée. Je remercie aussi Gilles Lapointe et Robert Andersen pour la réalisation des figures, Paule Bélanger pour le traitement de texte ainsi que MM. Edwin Bourget, Bruno Myrand et Marc Gagnon pour les commentaires et corrections sur ce document.

RÉFÉRENCES

Arsenault, G., 1987. A guide to long line mussel cultivation in Prince Edward Island. MS compiled and written for the P.E.I. Cultured Mussel Growers Association. 35 pp.

Bayne, B.L., 1964. Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. J. Anim. Ecol. 33: 512-523.

Bayne, B.L., 1965. Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis*. Ophelia 2: 1-47.

Bayne, B.L., D.L. Holland, M.N. Moore, D.M. Lowe and J. Widdows, 1978. Further studies on the effects of stress in the adult on the eggs of *Mytilus edulis*. J. mar. biol. Ass. U.K. 58: 825-841.

Bergeron, P., 1989. Évaluation du succès de captage de moules bleues sur deux types de collecteurs à Carleton (Baie des Chaleurs). M.A.P.A.Q., Cahier d'information (sous presse).

Bergeron, P., 1988. Compte rendu des activités de recherche sur l'élevage de la moule. Colloque sur l'élevage de la moule bleue. 12 et 13 avril 1988, Îles-de-la-Madeleine. Conseil des productions animales du Québec, p. 71-82.

Beristain, M.A. and R.E. Malouf, 1987. The effect of epibionts on the growth of *Mytilus edulis* cultured in the Long Island Sound. Abstracts of the 79th Annual Meeting of the National Shellfisheries Association. August 9-13, 1987, Halifax, Nova Scotia. p. 39.

Bøhle, B., 1971. Settlement of mussel larvae *Mytilus edulis* on suspended collectors in Norwegian waters. IN: Crisp, D.J. (ed.). Fourth European Marine Biological Symposium. Cambridge University Press, London, p. 63-69.

Bonardelli, J., K. Drinkwater and J. H. Himmelman, 1989. Low-frequency current and temperature variability in the Bay of Chaleur. Atelier de travail/Symposium. Le Golfe du Saint-Laurent: petit océan ou grand estuaire? Pêches et Océans Canada. Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, 14-17 mars 1989.

Dare, P.J., D.B. Edwards and G. Davies, 1983. Experimental collection and handling of spat mussels (*Mytilus edulis* L.) on ropes for intertidal cultivation. MAFF (Lowestoft) Fish. Res. Tech. Rep. No 74: 1-23.

Davenport, J. and X. Chen, 1987. A comparison of methods for the assessment of condition in the mussel (*Mytilus edulis* L.). J. Moll. Stud. 53: 293-297.

Davies, E.G.,1974. A method for monitoring the spatfall of mussels (*Mytilus edulis* L.). J. Cons. Int. Explor. Mer 36: 27-34.

Enright, C.T., R.W. Elner, A. Griswold, M.L. Smith, S. Smith, V. Rafuse and R. Smith, 1986. Control of animal fouling in oyster aquaculture. Abstract of the World Mariculture Society, January 19-23, Reno, Nevada.

Green, R.H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley, New York, XI + 257 p.

Hilbish, T.J. and K.M. Zimmerman, 1988. Genetic and nutritional control of the gametogenic cycle in *Mytilus edulis*. Mar. Biol. 98: 223-228.

Jamieson, G.S., I.C. Neish and C.S.L. Clarke, 1975. Perspectives and development prospects of mussel cultivation in the Maritime provinces of Canada. Environment Canada, Rep. AMRL 74-11, 75 p.

Kautsky, N., 1982. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* population. Mar. Biol. 68: 143-160.

Lambert, J.-D., 1983. Contribution à l'étude des communautés planctoniques de la baie des Chaleurs. Thèse de maîtrise. Université du Québec à Rimouski. 131 pp.

Lutz, R.A., L.S. Incze, B. Porter and J.K. Stotz, 1980. Seasonal variation in the condition of raft-cultivated mussels (*Mytilus edulis* L.). Proc. World Maricul. Soc. 11: 262-268.

McGrath, D., P.A. King and E.M. Gosling, 1988. Evidence for the direct settlement of *Mytilus edulis* larvae on adult mussels beds. Mar. Ecol. Prog. Ser. 47: 103-106.

Muise, B.C. and L.L. MacLeod, 1980. Longline culture of blue mussels on the eastern shore of Nova Scotia. Nova Scotia Dept of Fish., MS Rep. Ress. Utiliz., 42 pp.

Myrand, B. et J. Richard, 1987. La moule bleue. Conseil des productions animales du Québec. Agdex 485. 107 pp.

Newell, R.I.E., T.J. Hilbish, R.K. Koehn and C.J. Newell, 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of the United States. Biol. Bull. 162: 299-310.

Okamura, B., 1986. Formation and disruption of aggregations of *Mytilus edulis* in the fouling community of San Francisco Bay, California. Mar. Ecol. Prog. Ser. 30: 275-282.

Robert, G., 1981. Seasonal changes in meat yield of cultivated blue mussels (*Mytilus edulis* L.). Can. MS Rep. Fish. Aquat. Sci. No 1609.

Rodhouse, P.G., C.M. Roden, G.M. Burnell, M.P. Hensey, T. McMahon, B. Ottway and T.H. Ryan, 1984. Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and in suspended culture: Killary Harbour, Ireland. J. mar. biol. Ass. U.K. 64: 513-529.

Seed, R., 1969. The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. 1- Breeding and settlement. Oecologia 3: 277-316.

Somers, W., 1986. Island experiences. In: Gillis, C.A. (ed.). Proceedings of the symposium on blue mussel culture. March 3-6, 1986. Charlottetown, PEI. p. 9-14.

Skidmore, D. and K.K. Chew, 1985. Mussel aquaculture in Puget Sound. University of Washington. Washington Sea Grant Tech. Rep. 85-4.

Sutterlin, A., D. Aggett, C. Couturier, R. Scaplen and D. Idler, 1981. Mussel culture in Newfoundland waters. Mar. Sci. Res. Lab. Tech. Rep. No 23, Memorial University of Newfoundland, St-John's, Nfld, 82 pp.

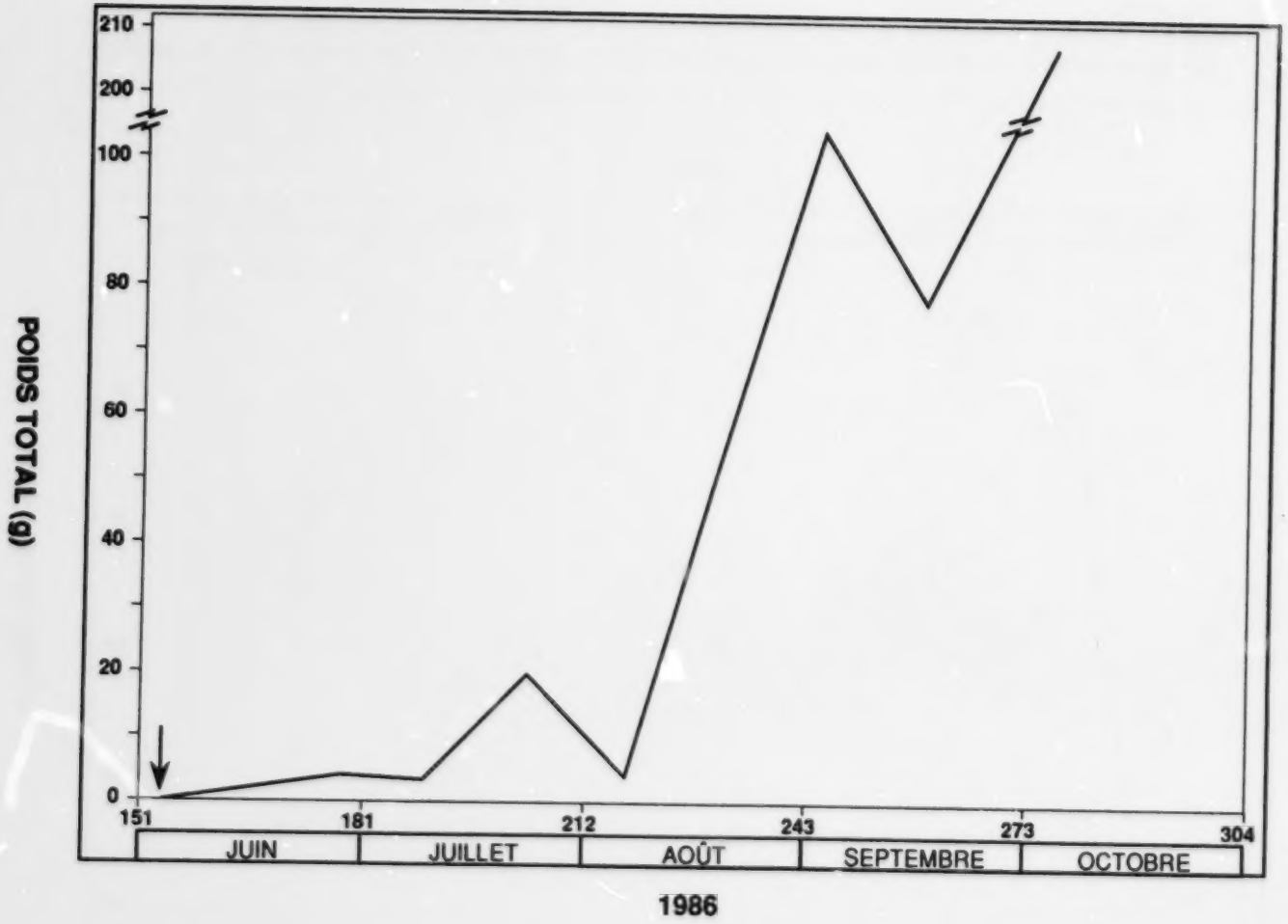

Figure 1. Biomasse totale (g) recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1986. Voir le texte pour la description de la méthode. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (86-06-04). Les jours juliens apparaissent en abscisse.

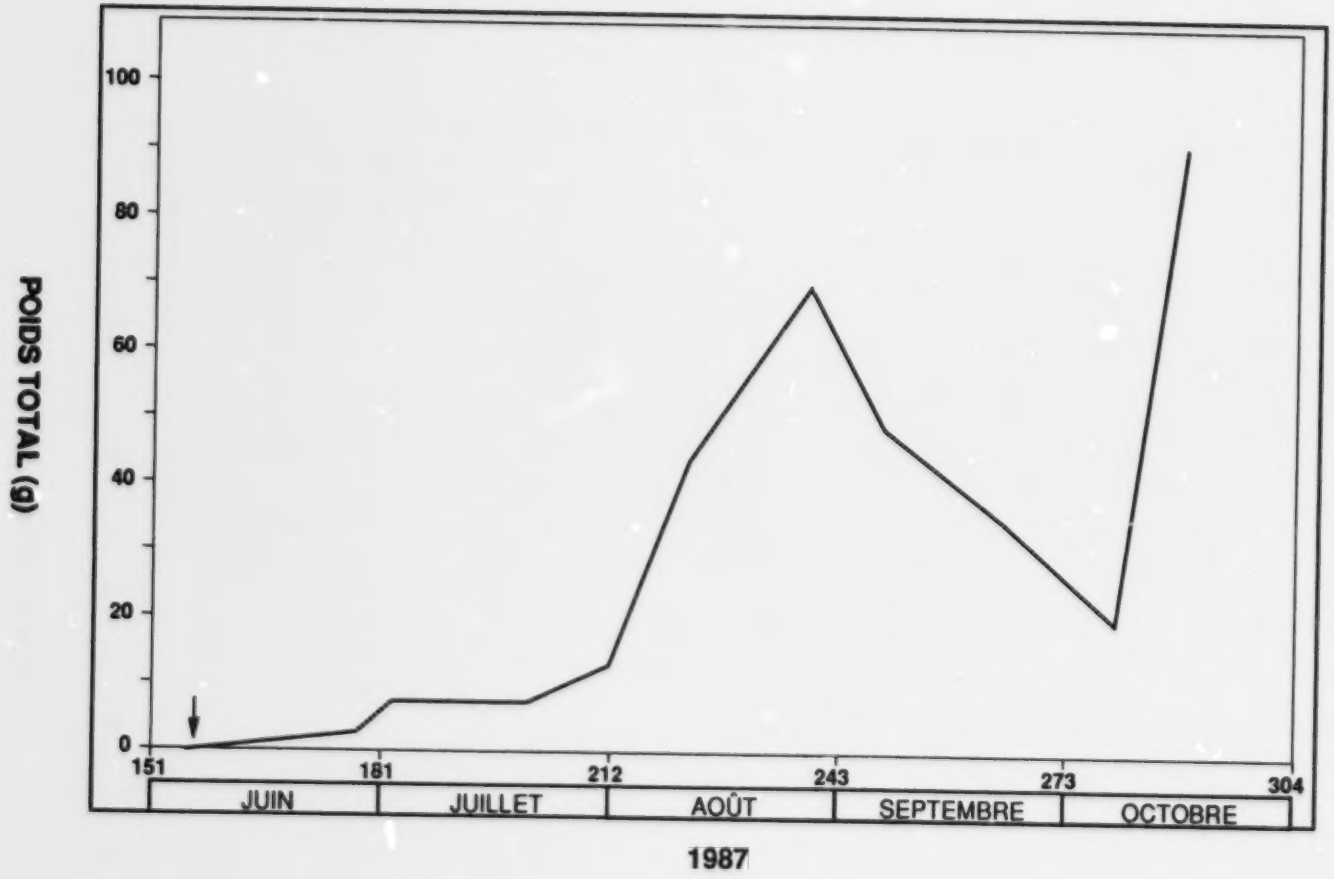

Figure 2. Biomasse totale (g) recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1987. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (87-06-04). Les jours juliens apparaissent en abscisse.

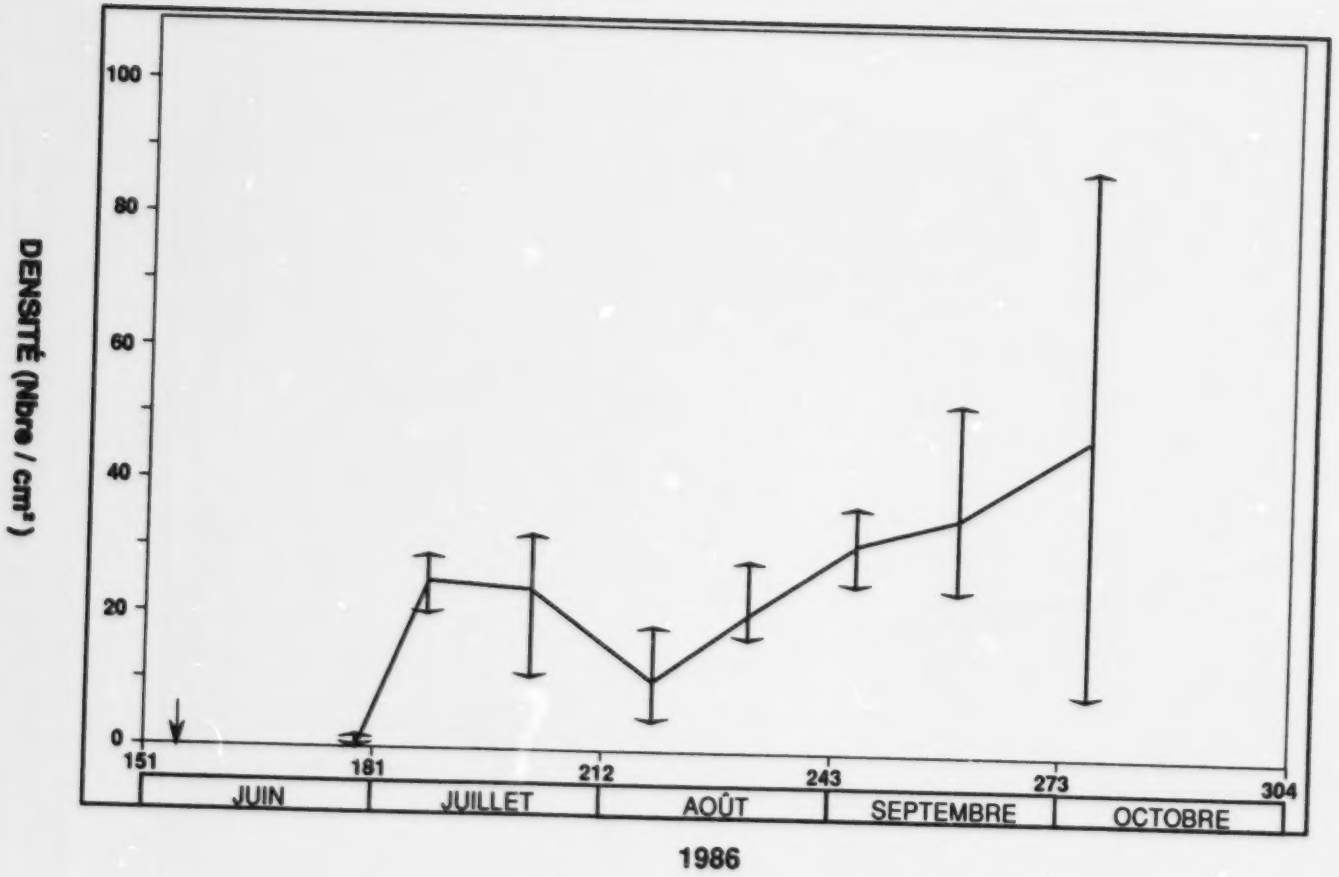

Figure 3. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1986. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (86-06-04). Les traits verticaux représentent les densités minimales et maximales. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

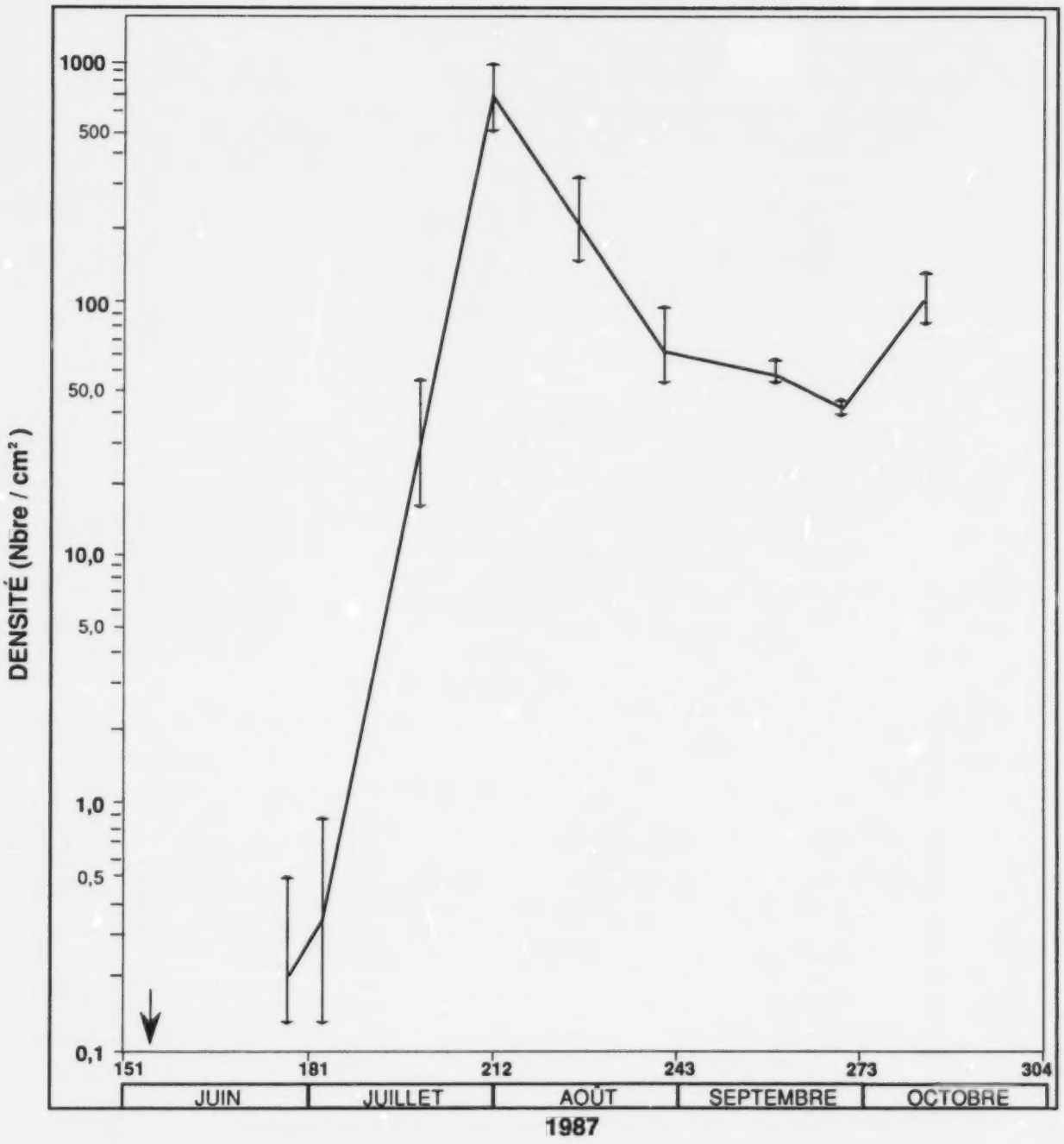

Figure 4. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1987. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (87-06-04). Les traits verticaux représentent les densités minimales et maximales. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

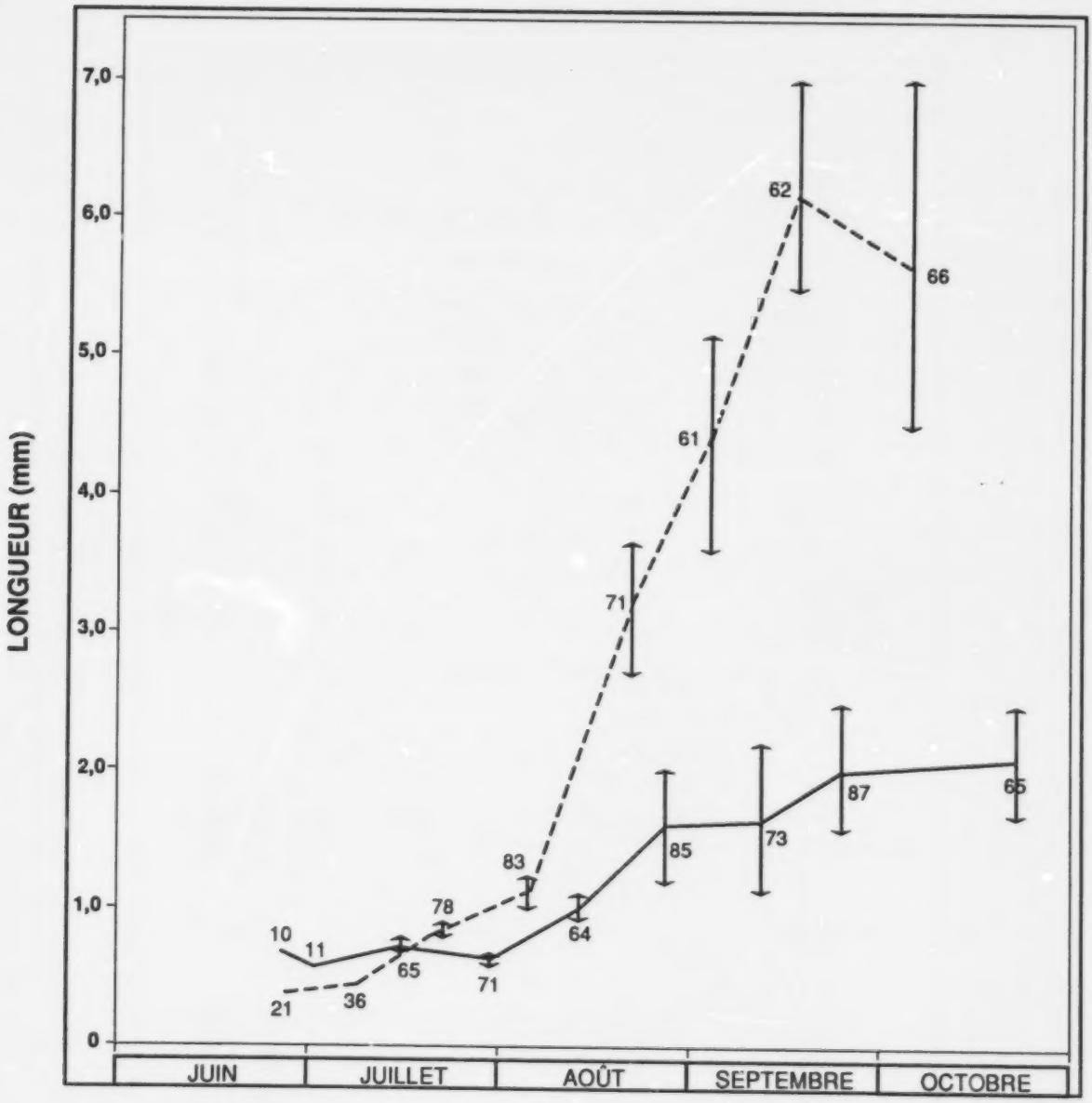

Figure 5. Longueur moyenne (mm ± I.C. à 95%) des moules recueillies sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur en 1986 (– – –) et 1987 (——). Les nombres indiquent la taille de l'échantillon. Les intervalles de confiance plus petits que 0,05 ne sont pas tracés. La taille minimale mesurée est de 0,26 mm.

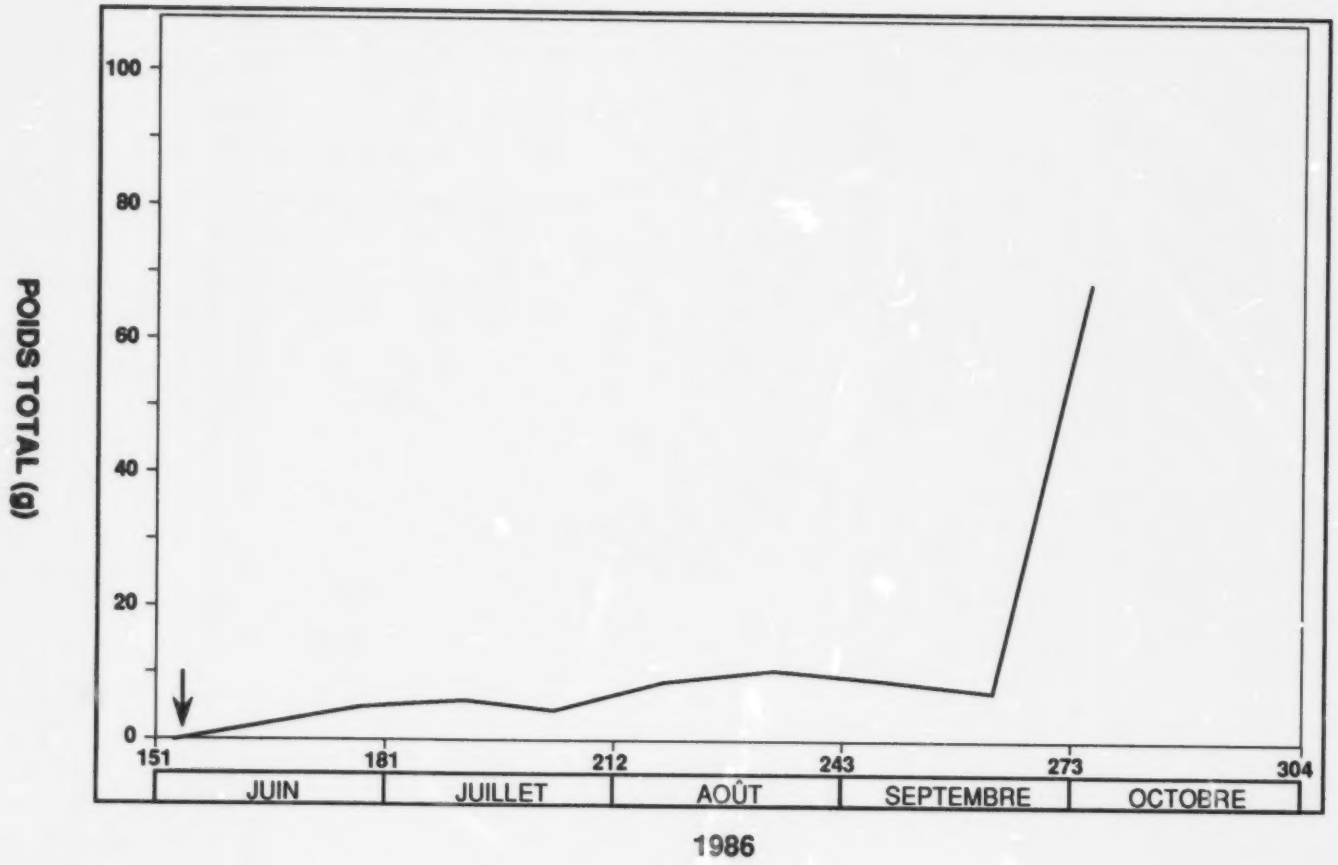

Figure 6. Biomasse totale (g) recueillie sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur en 1986. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (86-06-03). Les jours juliens apparaissent en abscisse.

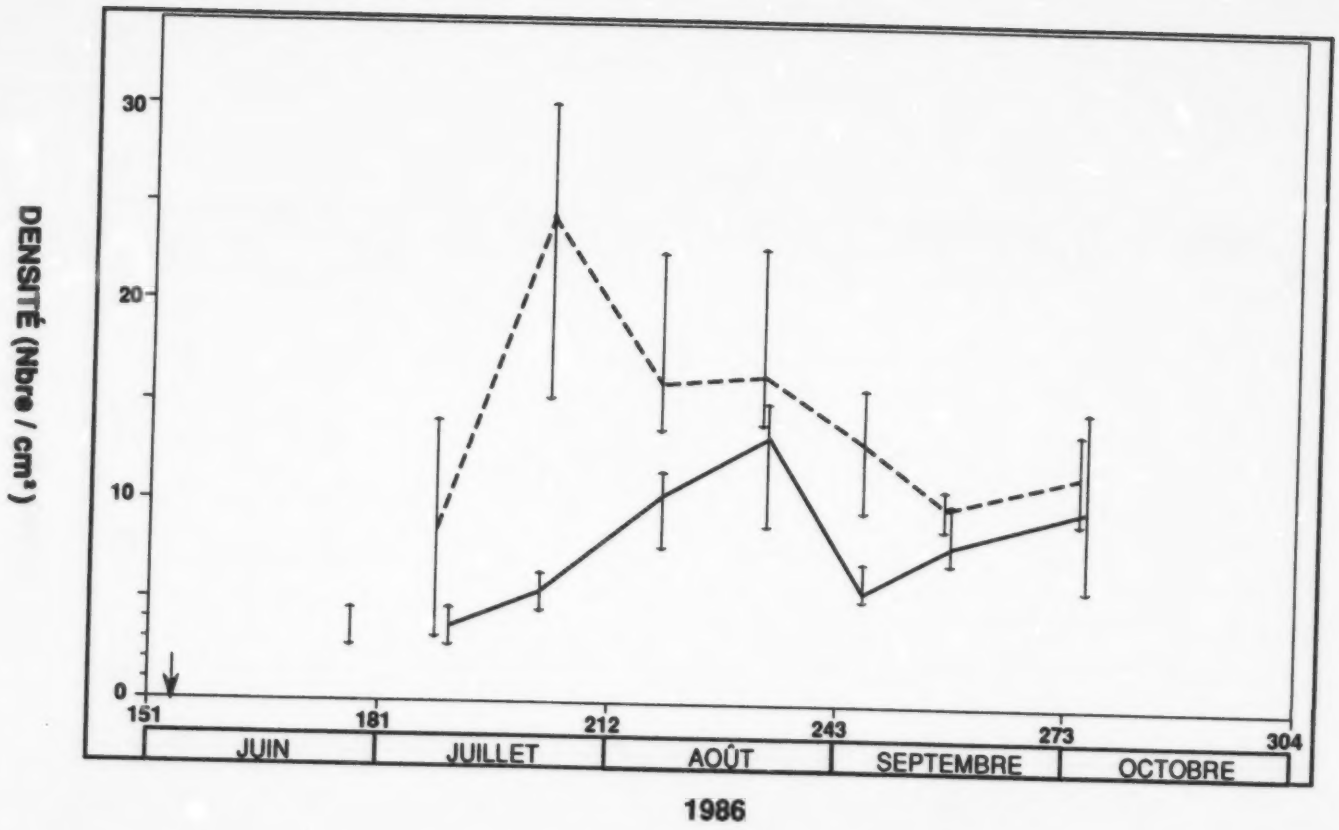

Figure 7. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) de moules (——) et d'hiatelles (– – –) captées sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur en 1986. Les traits verticaux représentent les densités minimales et maximales. La densité évaluée le 86-06-26 correspond au nombre total de moules et hiatelles. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (86-06-03). Les jours juliens apparaissent en abscisse.

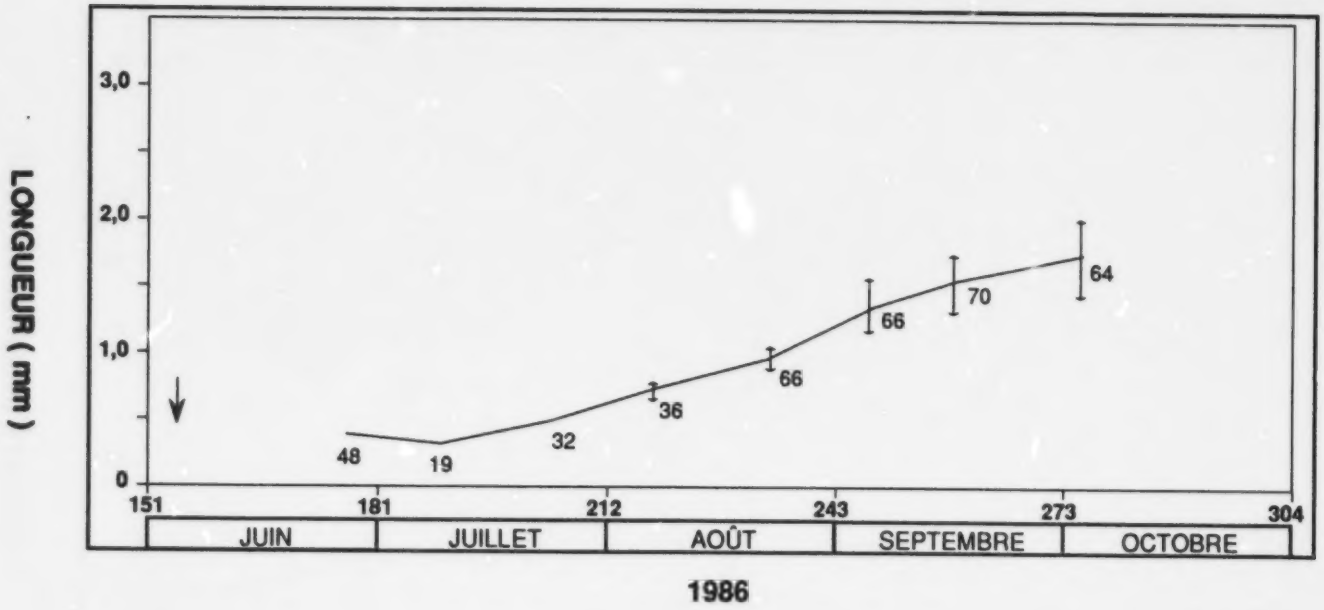

Figure 8. Longueur moyenne (mm ± I.C. à 95%) des moules recueillies sur les collecteurs immergés à 10,0 m de profondeur en 1986. La date d'immersion de tous les collecteurs est indiquée par la flèche (86-06-03). Le nombre adjacent à chaque point est la taille de l'échantillon. Les intervalles de confiance plus petits que 0,05 ne sont pas tracés. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

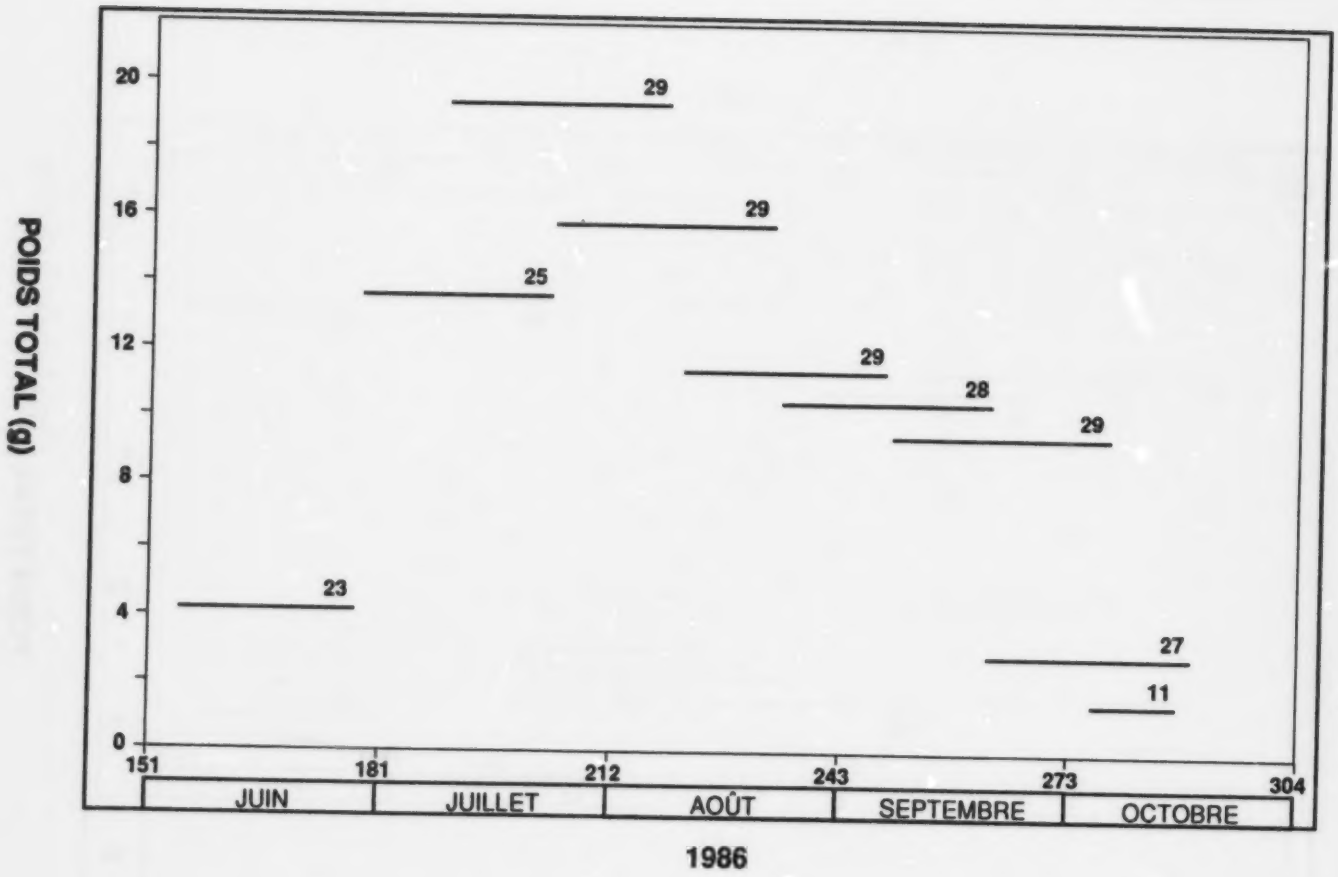

Figure 9. Biomasse totale (g) recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différents moments de l'année 1986. Les chiffres au-dessus de chaque trait correspondent au nombre de jours d'immersion. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

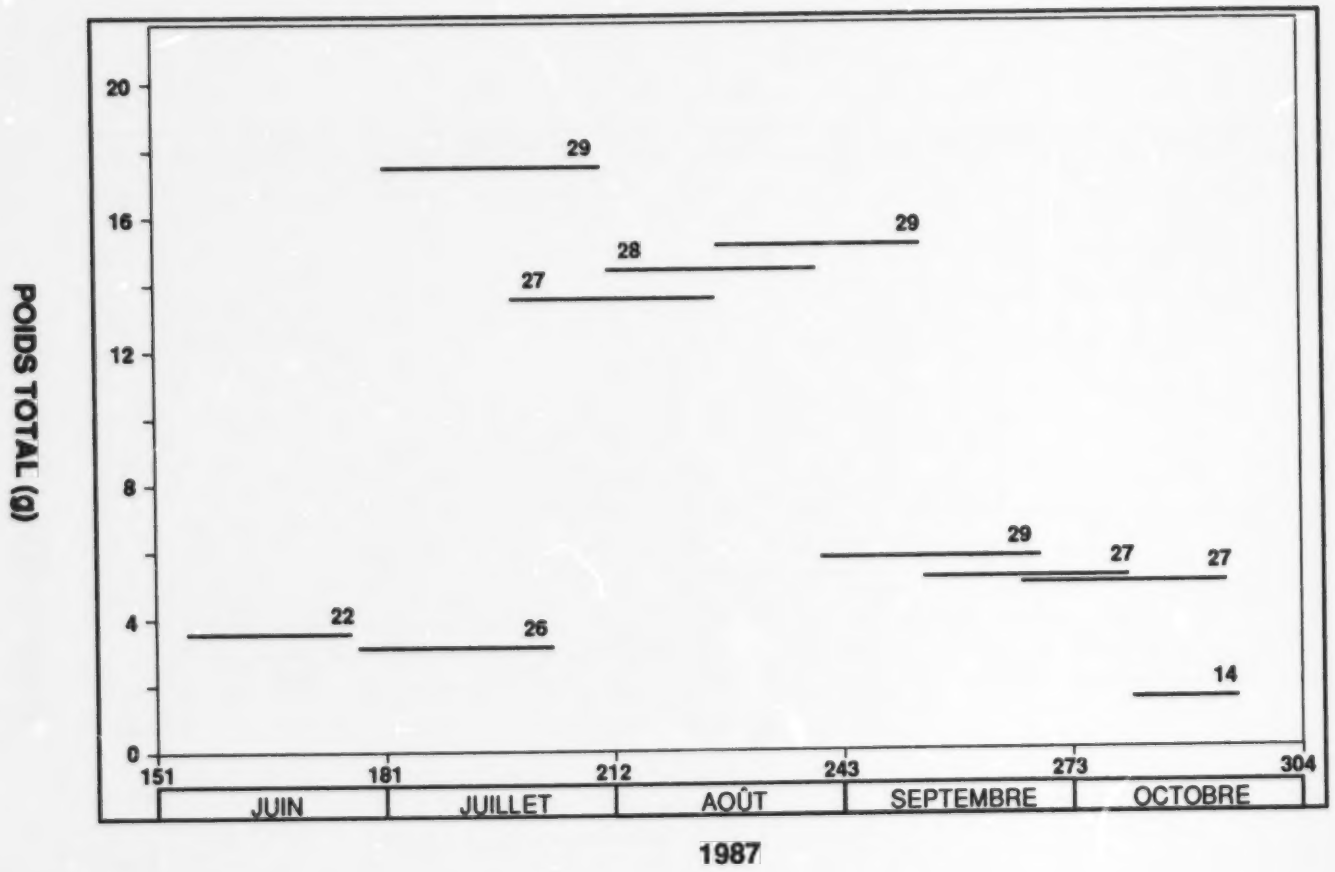

Figure 10. Biomasse totale (g) recueillie sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différents moments de l'année 1987. Les chiffres au-dessus de chaque trait correspondent au nombre de jours d'immersion. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

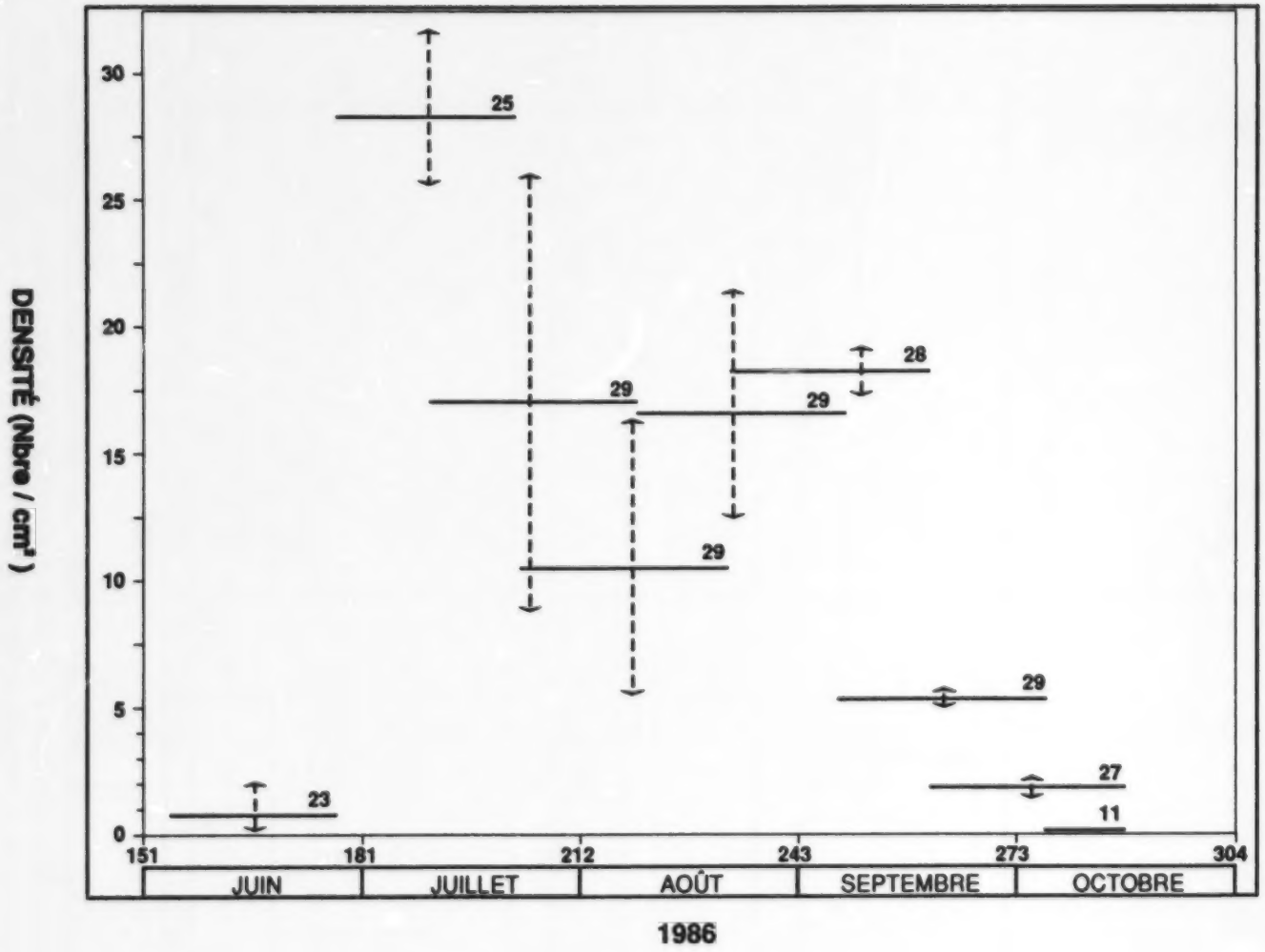

Figure 11. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différents moments de l'année 1986. Les traits horizontaux et verticaux indiquent respectivement les dates de captage et les densités minimales et maximales. Les chiffres au-dessus de chaque trait indiquent le nombre de jours d'immersion. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

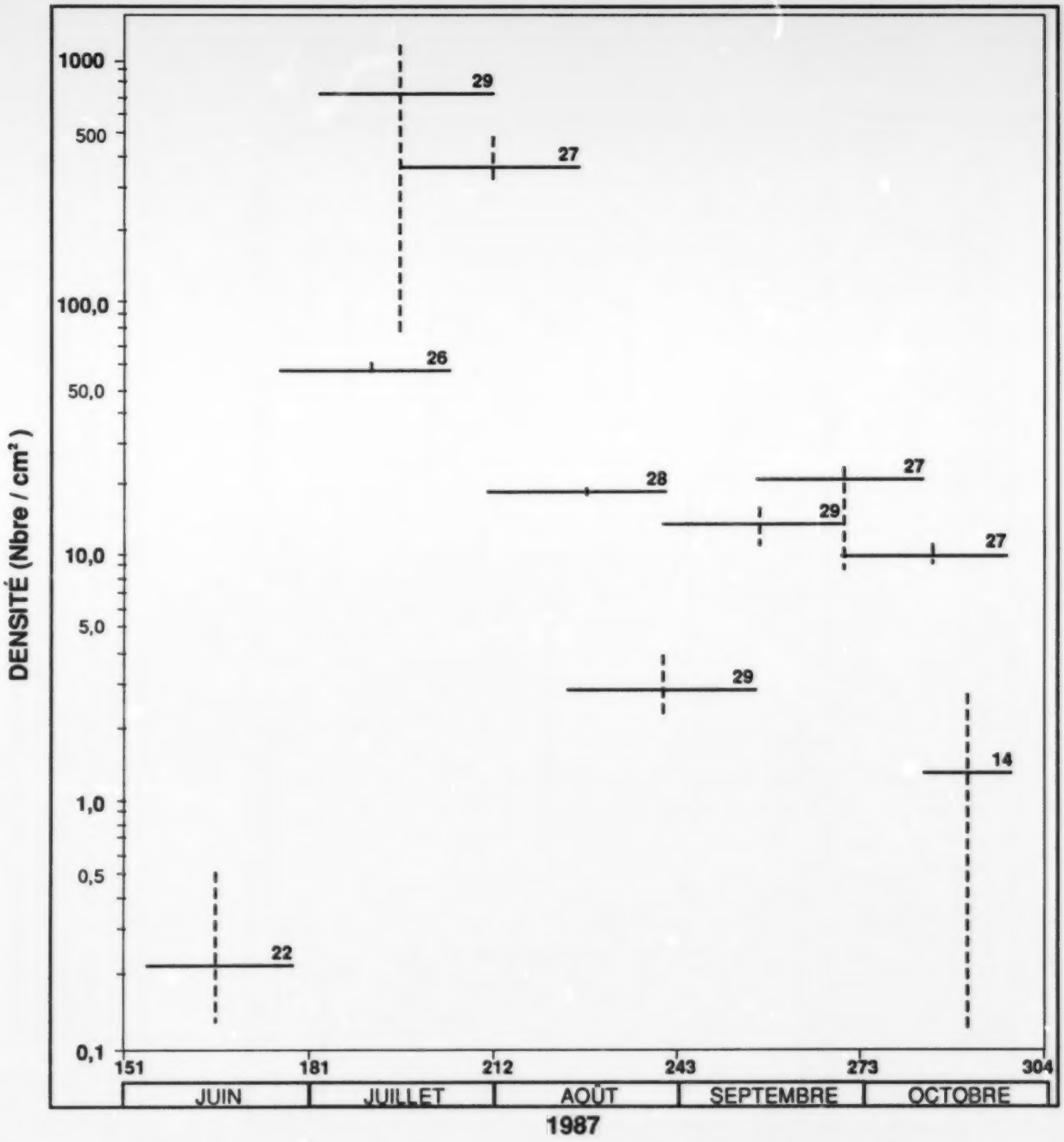

Figure 12. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) de moules captées sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à dix dates durant 1987. Les traits horizontaux et verticaux indiquent respectivement les dates de captage et les densités minimales et maximales. Les chiffres au-dessus de chaque trait indiquent le nombre de jours de captage. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

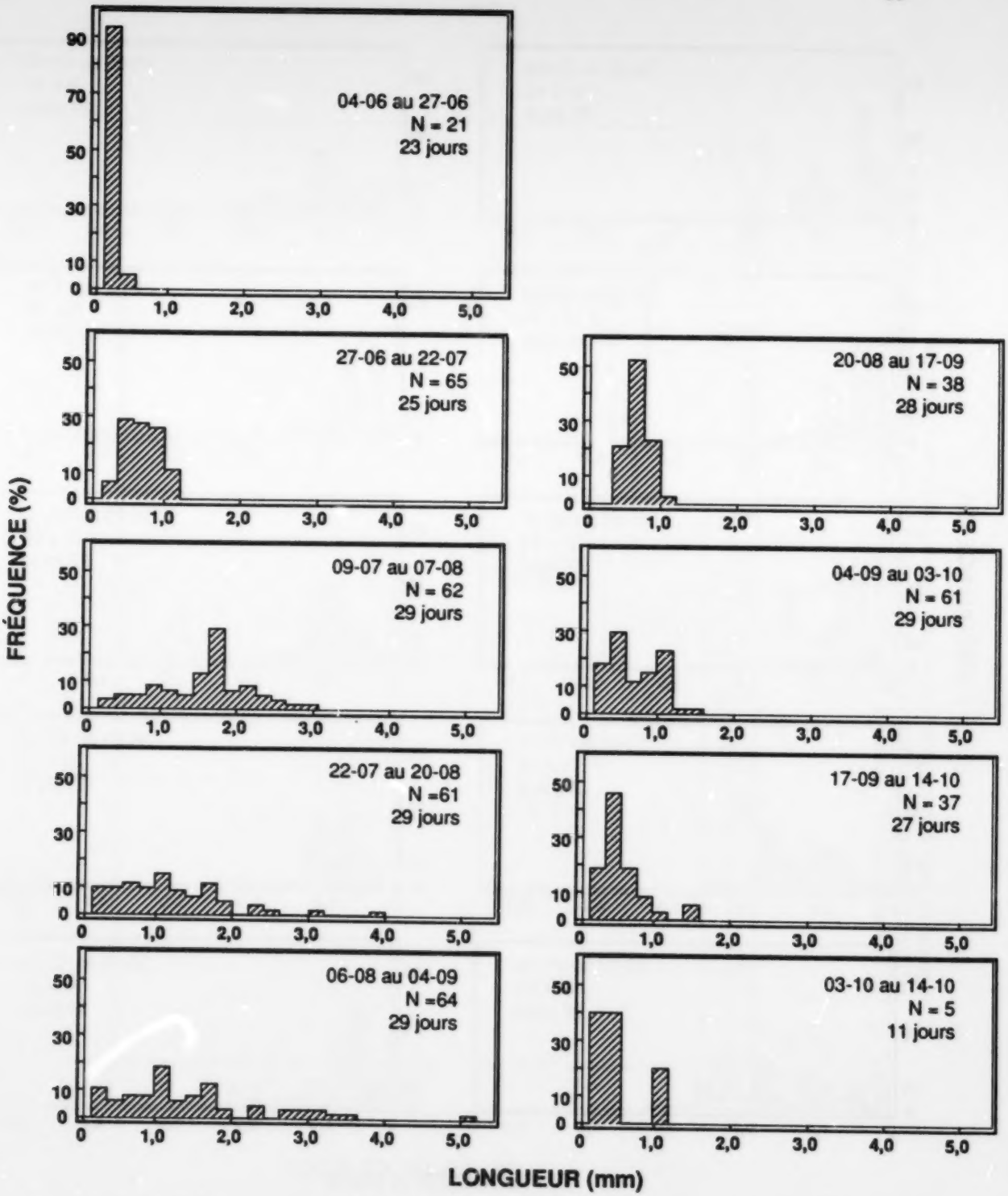

Figure 13. Histogramme de fréquence (%) de la longueur (mm) du naissain recueilli sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986. La période de captage, le nombre de moules mesurées et le nombre total de jours d'immersion sont indiqués pour chaque histogramme. Les fréquences sont calculées pour des classes de taille de 0,2 mm. La taille minimale mesurée est de 260 µm.

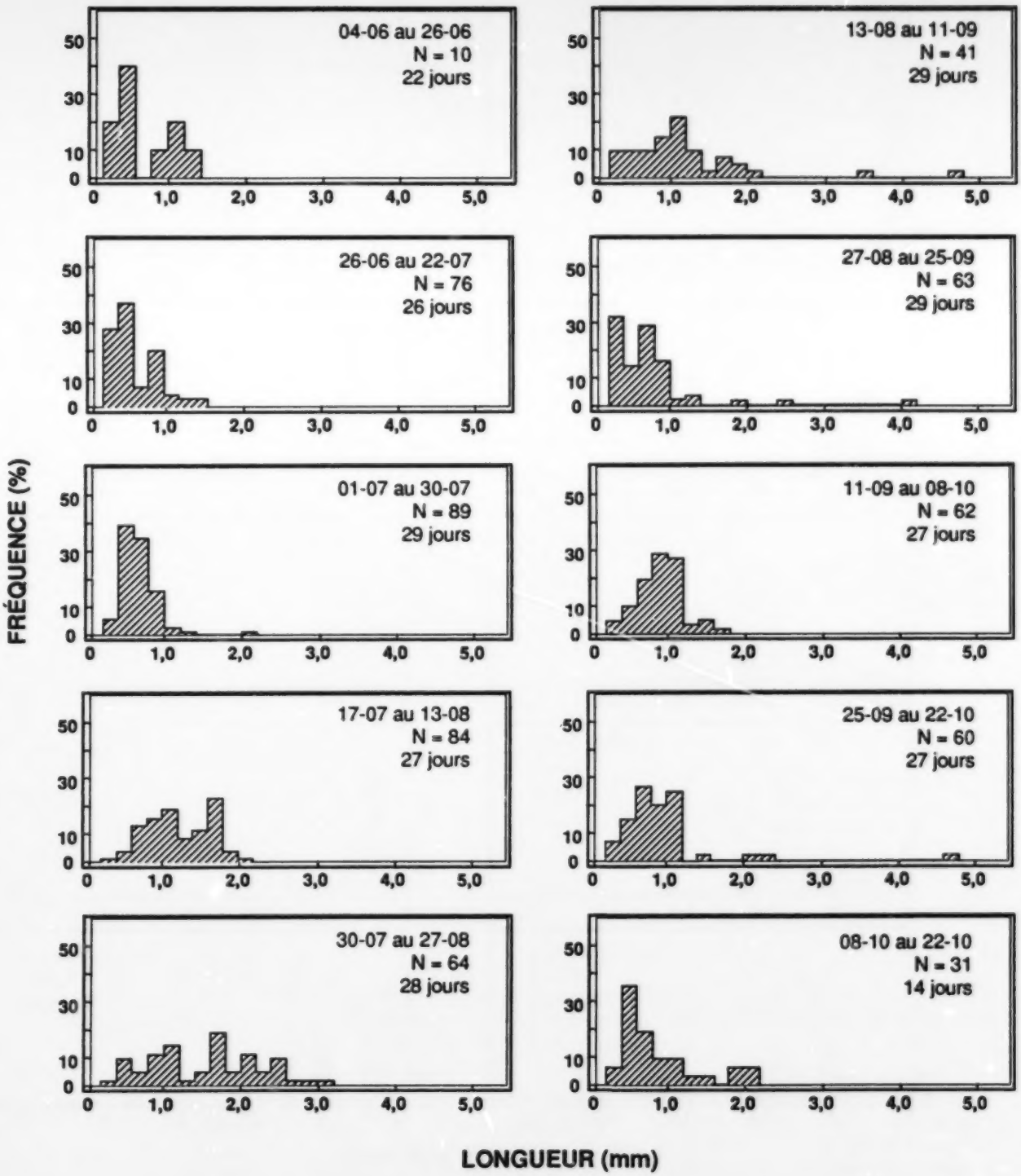

Figure 14. Histogramme de fréquence (%) de la longueur (mm) du naissain recueilli sur les collecteurs immergés à 1,0 m de profondeur à différentes dates au cours de 1987. Les informations présentées sont précisées à la figure 13.

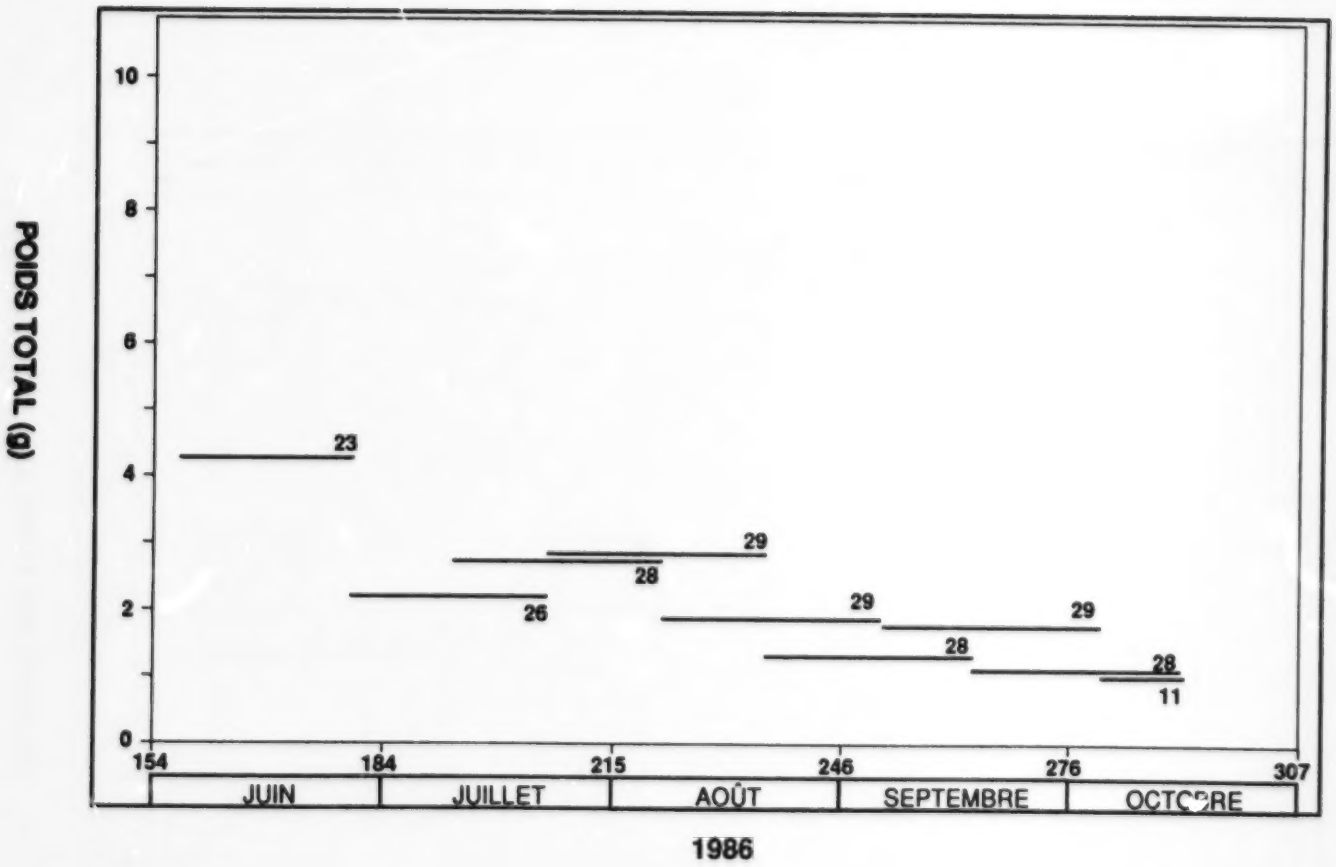

Figure 15. Biomasse totale (g) recueillie sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différents moments de l'année 1986. Les chiffres adjacents à chaque trait correspondent au nombre de jours d'immersion. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

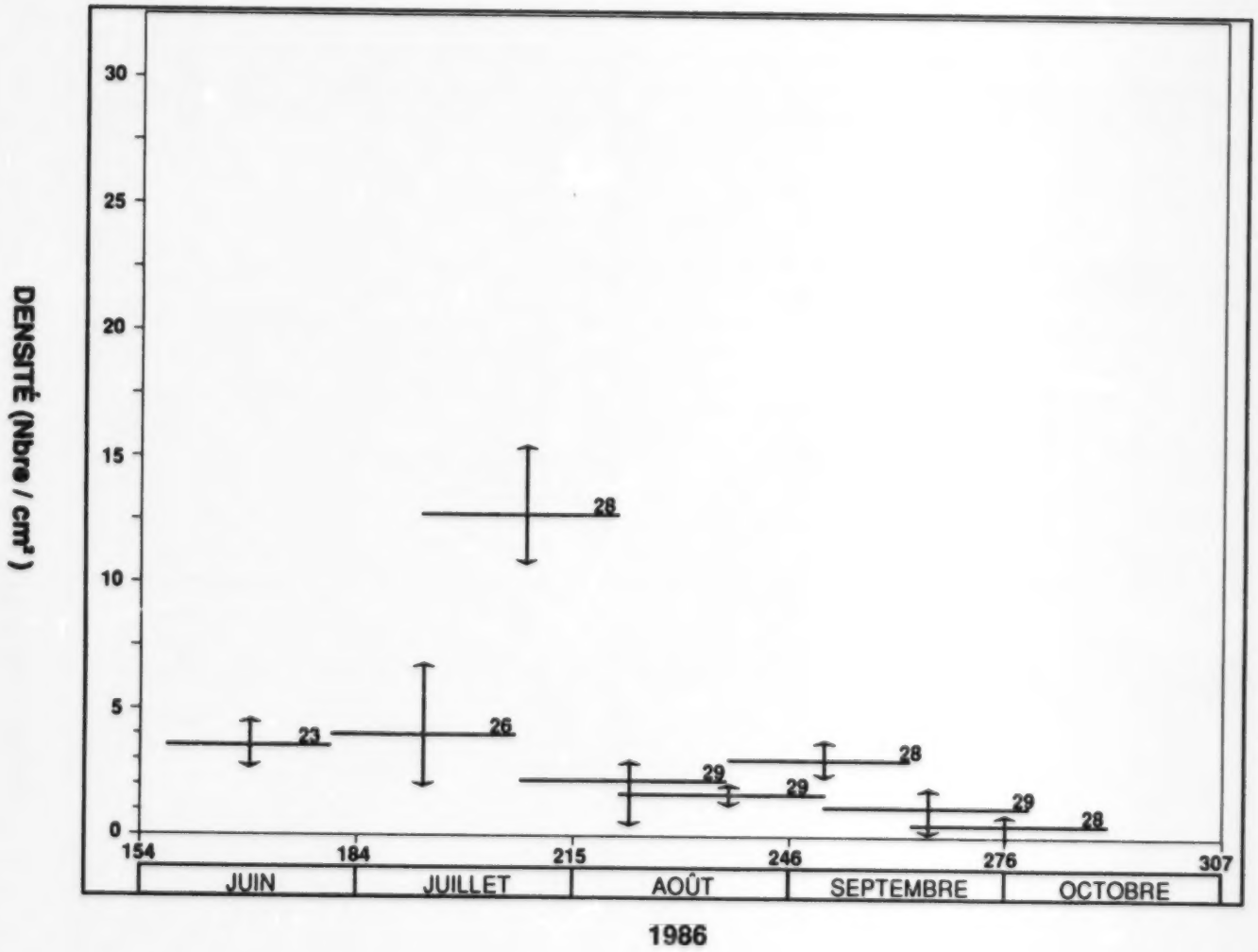

Figure 16. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) de moules captées sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986. Les traits horizontaux et verticaux indiquent respectivement les dates de captage et les densités minimales et maximales. Les chiffres au-dessus de chaque trait indiquent le nombre de jours d'immersion. La densité moyenne ($\bar{X}$=0,3) évaluée pour la dernière période de captage (86-10-03 au 86-10-14) n'a pas été tracée.

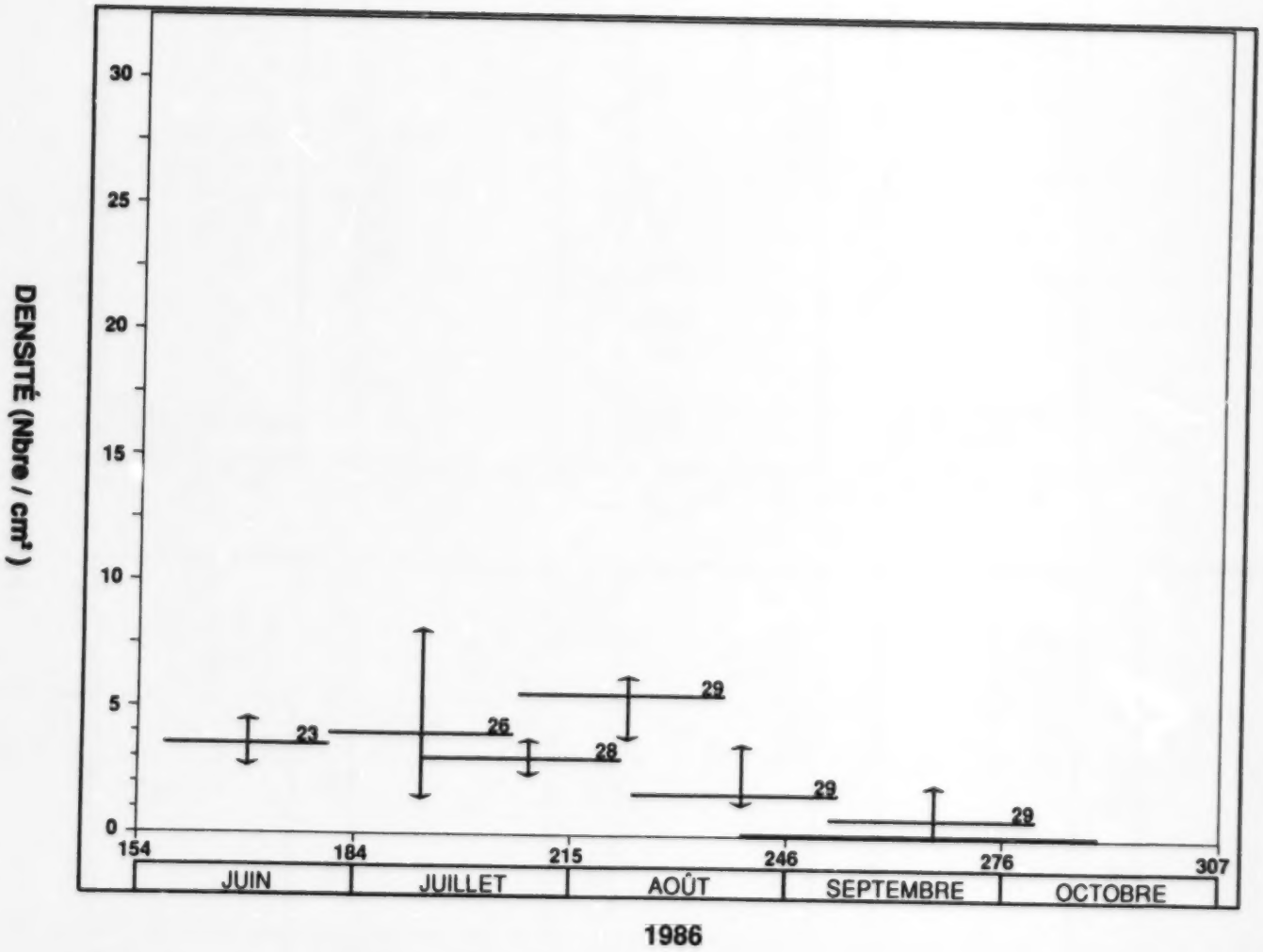

Figure 17. Densités moyennes (nombre d'individus par cm^2) d'hiatelles captées sur les collecteurs immergés à 10 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986. Les traits horizontaux et verticaux indiquent respectivement les dates de captage et les densités minimales et maximales. Les chiffres au-dessus de chaque trait indiquent le nombre de jours d'immersion. La densité moyenne ($\bar{X}$=0,03) évaluée pour la dernière période de captage (86-10-03 au 86-10-14) n'a pas été tracée.

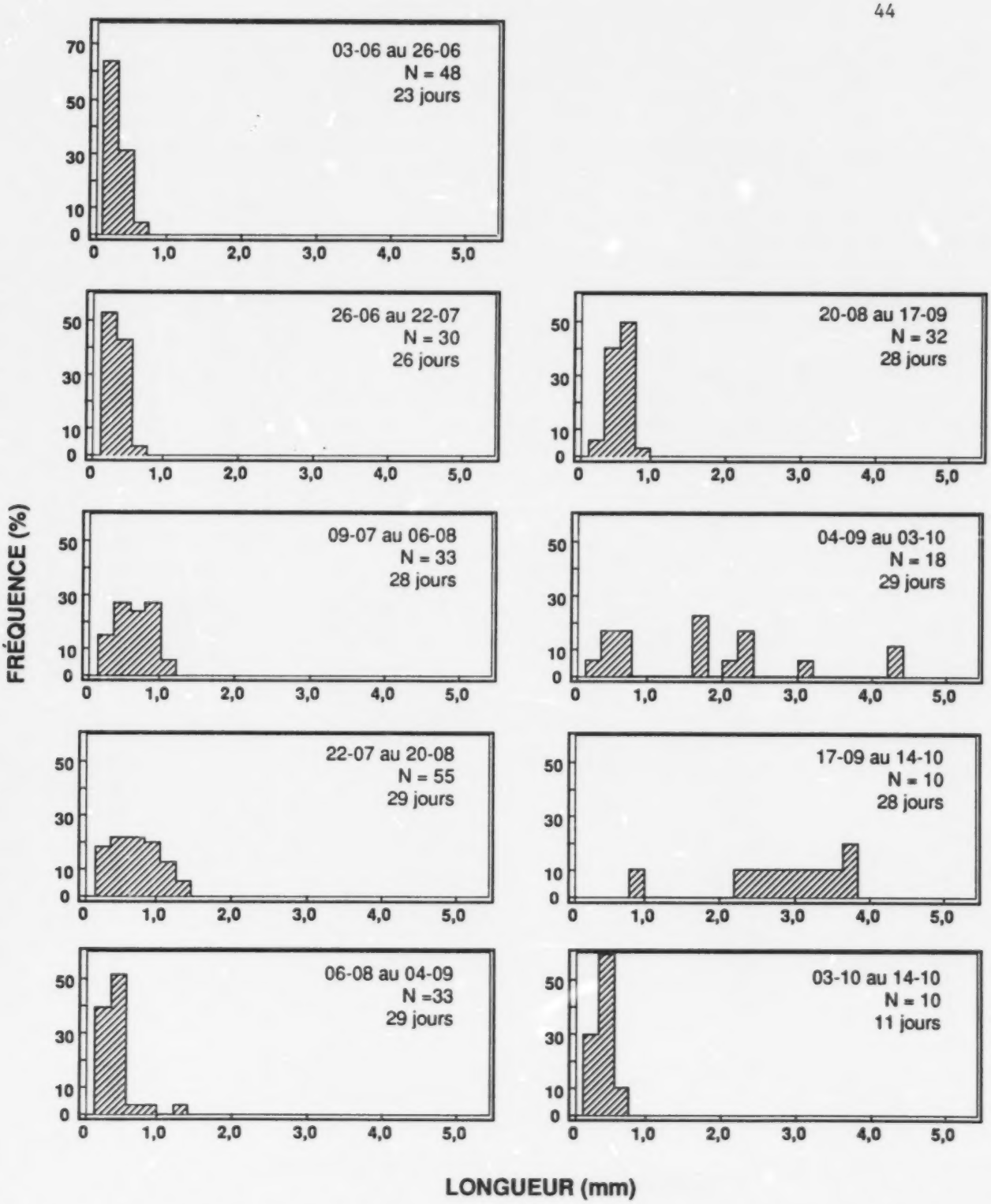

Figure 18. Histogramme de fréquence (%) de la longueur (mm) du naissain recueilli sur les collecteurs immergés à 10,0 m de profondeur à différentes dates au cours de 1986. Les informations présentées sont précisées à la figure 13.

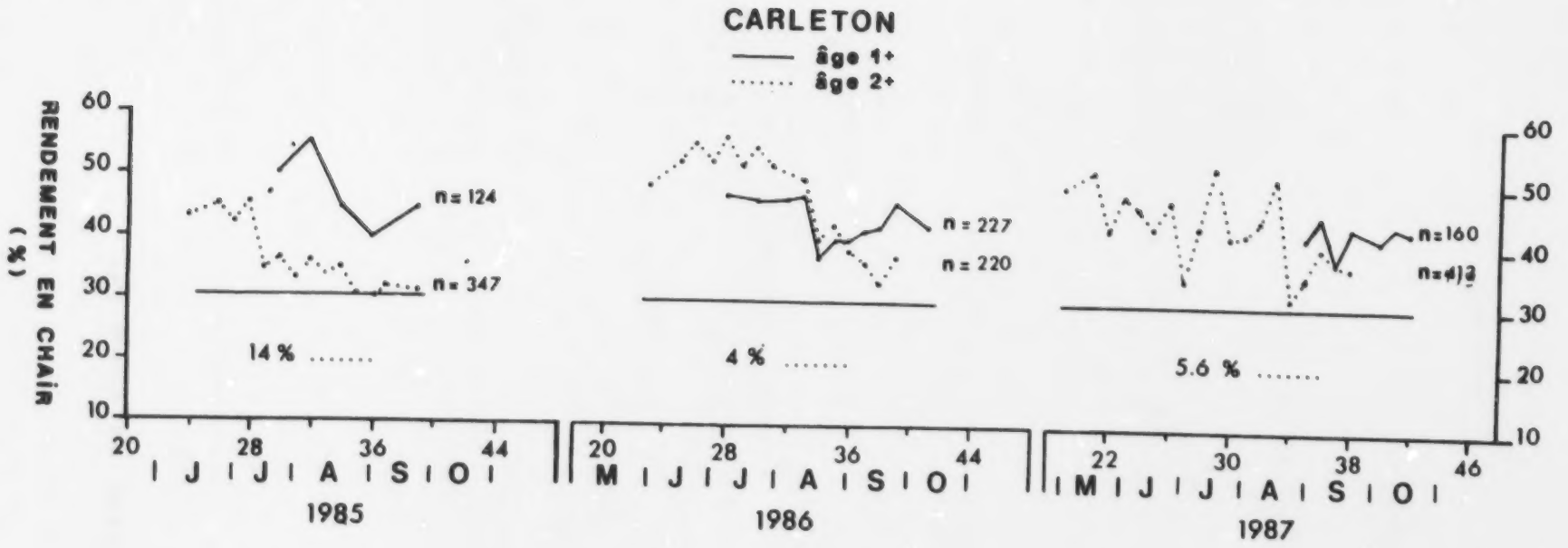

Figure 19. Évolution saisonnière du rendement en chair (poids de chair cuite/poids de chair cuite + poids des coquilles X 100) de moules d'élevage âgées de 1 (——) et 2 ans (----) de 1985 à 1987. Le nombre de moules par échantillon varie de 10 à 25. Les intervalles de confiance ne sont pas tracés pour mieux distinguer chaque courbe. Les pourcentages inscrits sous les courbes représentent la proportion (%) des individus de deux ans ayant un rendement inférieur à 30 %. Les valeurs sur l'abscisse représentent les numéros séquentiels des semaines de l'année.

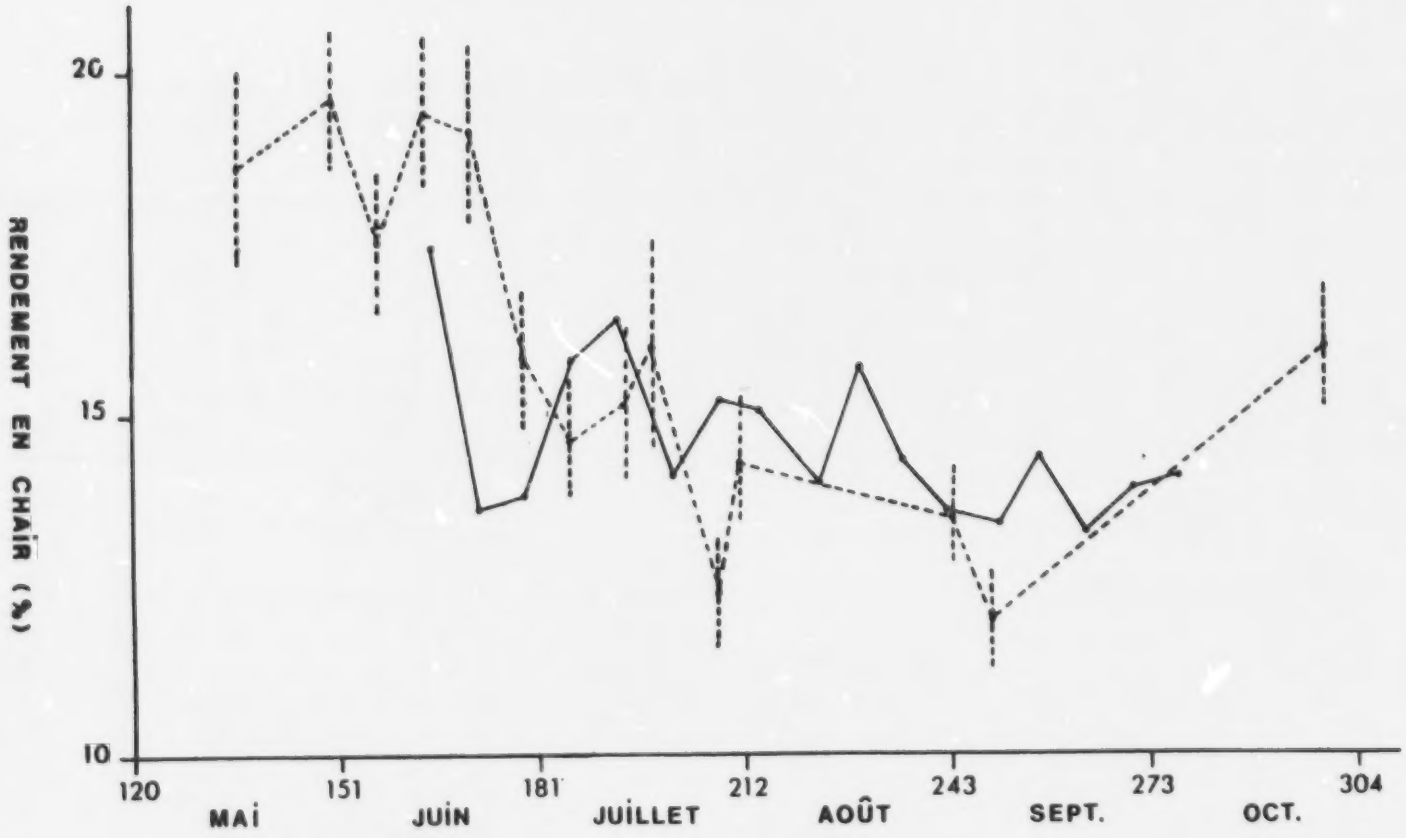

Figure 20. Évolution saisonnière du rendement en chair de moules de gisement à Carleton en 1983 (——) et 1984 (----). La taille des moules est de 50 - 59 mm et chaque échantillon totalise 40 moules. Les valeurs présentées sont la moyenne et l'intervalle de confiance à 95 %. Ces intervalles ne sont présentés que pour 1984. Les jours juliens apparaissent en abscisse.

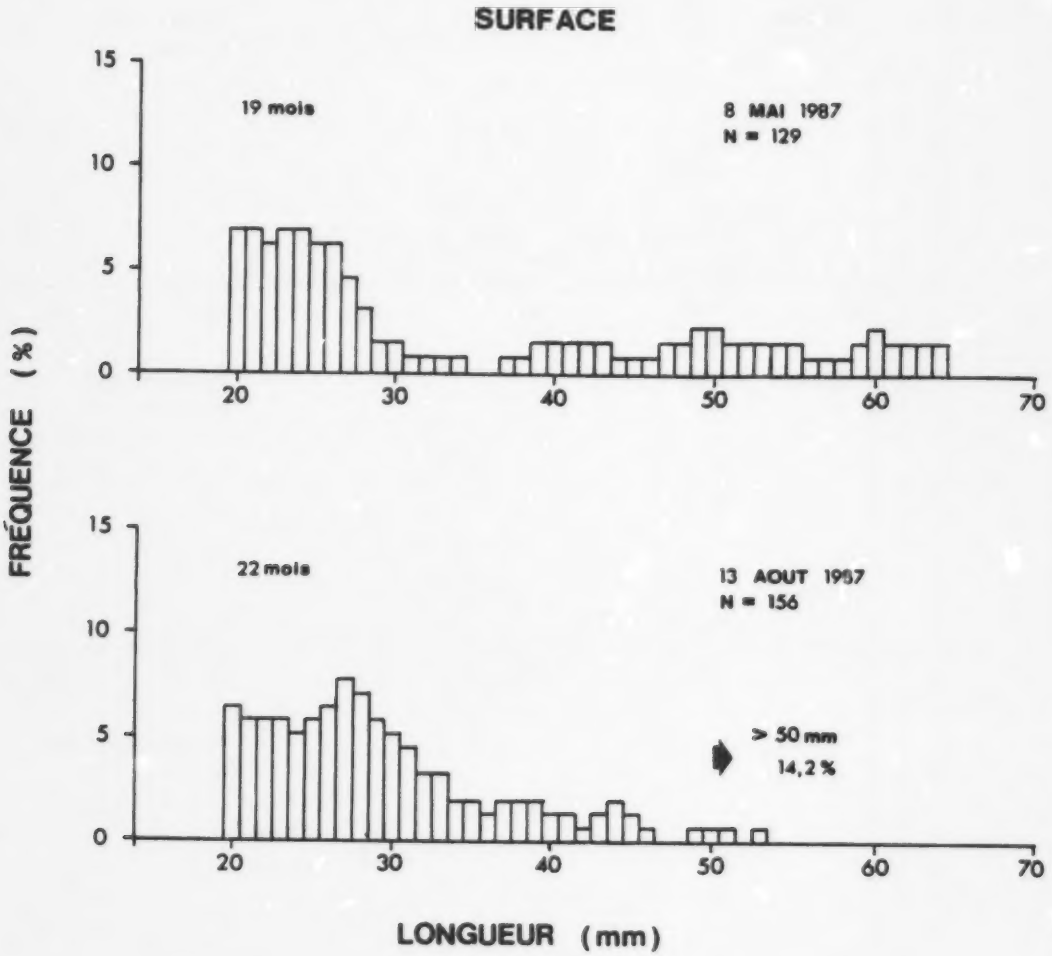

Figure 21. Histogrammes de fréquence de la longueur (mm) des moules maintenues à la surface à Carleton après 19 et 22 mois de mise en boudins. Les moules plus petites que 20 mm ne sont pas incluses dans l'analyse. Le pourcentage indique la proportion en poids des moules de taille commerciale (> 50 mm) par rapport au poids total d'un boudin. N est le nombre de moules mesurées.

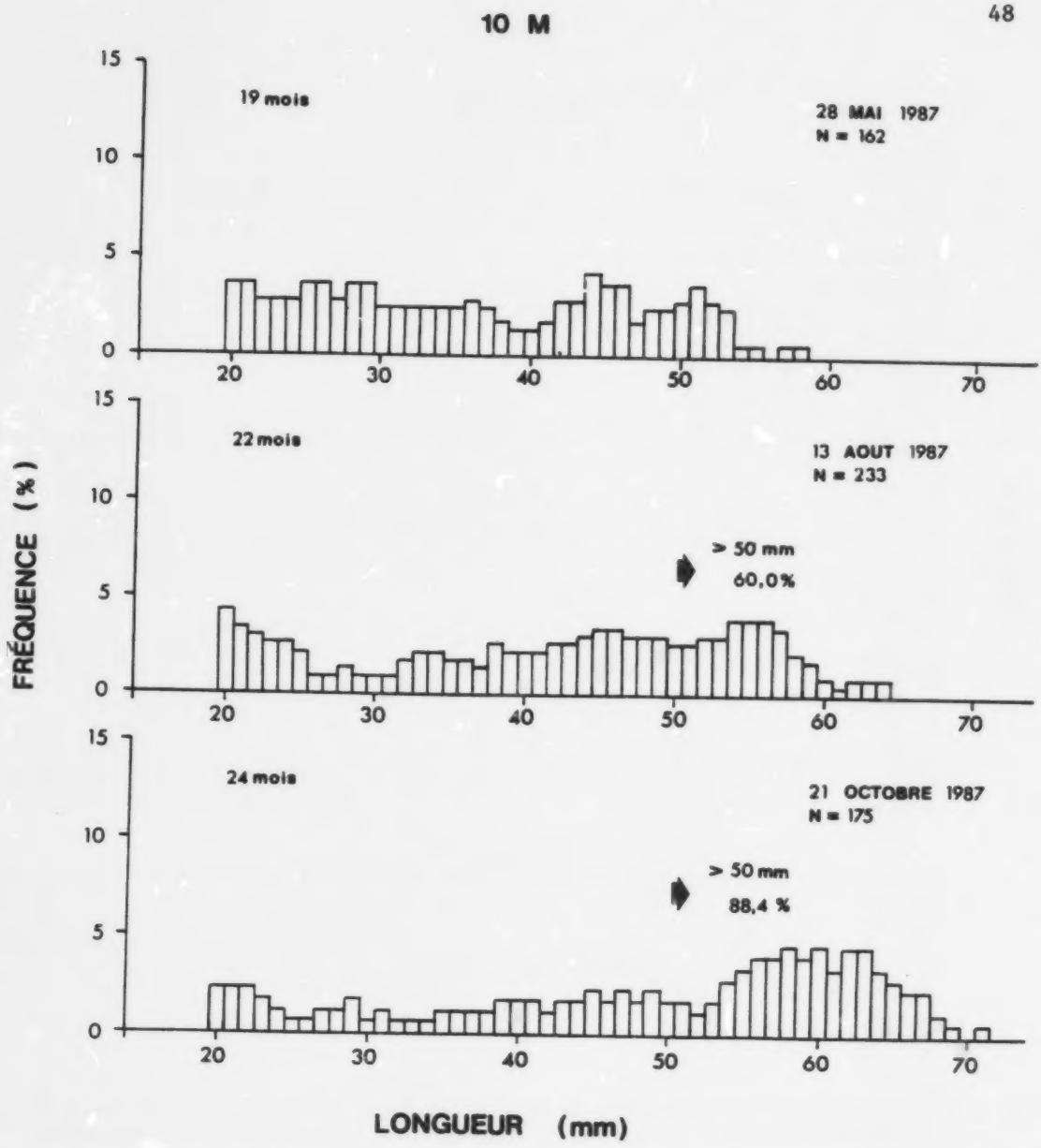

Figure 22. Histogrammes de fréquence de la longueur (mm) des moules maintenues à 10 m de profondeur à Carleton après 19, 22 et 24 mois de mise en boudins. Voir la figure 21 pour les explications complètes.

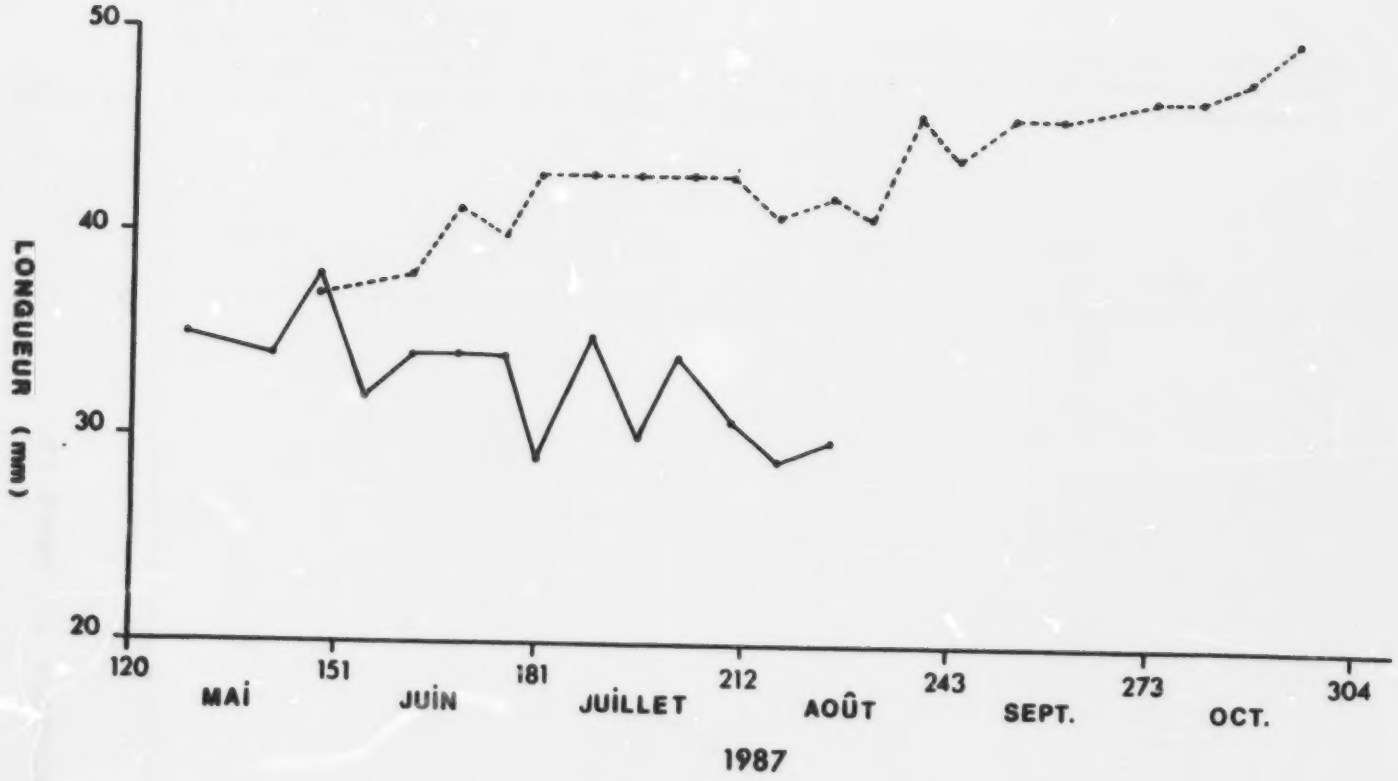

Figure 23. Longueur moyenne (mm) des moules au cours de la seconde année de grossissement. Seules les moules de plus de 20 mm de longueur sont incluses dans le calcul de la moyenne. Le nombre de moules mesurées pour chaque échantillon varie de 150 à 245. Les jours juliens sont présentés sur l'abscisse. (——) grossissement à la surface, (----) grossissement à 10 m.

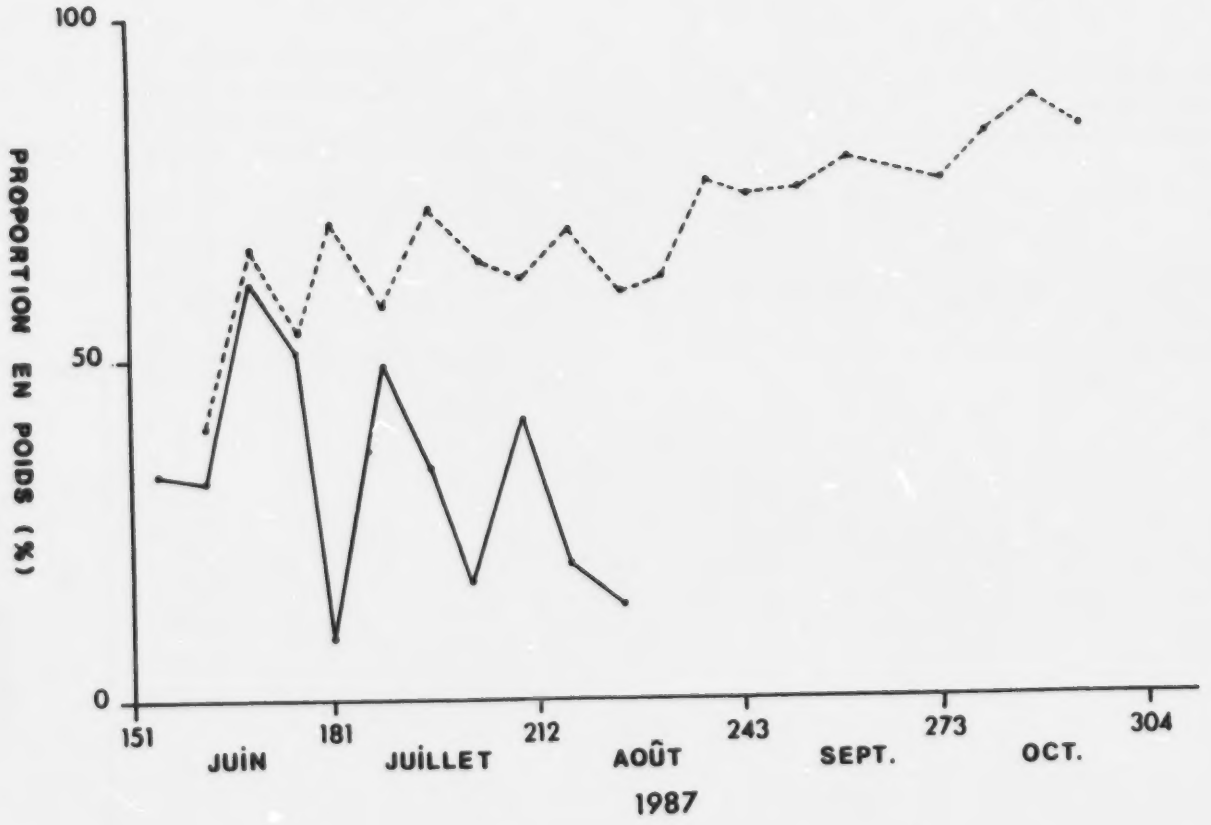

Figure 24. Proportion (%) en poids des moules de taille commerciale (> 50 mm) au cours de la seconde année de grossissement. La proportion est calculée par rapport au poids total des moules supérieures à 1 mm. Le mois de juin 1987 correspond à un intervalle de 20 mois après la mise en boudins (octobre 1985). Les jours juliens sont présentés en abscisse.